

大众农学史

◎ 曹幸穗　柏芸　张苏　王向东　著

"十二五"国家重点图书出版规划项目

中国科学院自然科学史研究所　策划

丛书主编　郭书春



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

责任编辑 胡 明
装帧设计 魏 然 李玉颖

大众数学史
大众物理学史
大众化学化工史
大众天文学史
大众地学史
大众生物学史
大众医学史
大众农学史
大众建筑史
大众机械技术史
大众纺织技术史
大众军事技术史

读史使人明智，科学使人深刻。科学技术史既蕴含着科技知识，又充满了人的故事。《大众科学技术史丛书》由科技史专家撰写，面向大众读者；兼顾知识与方法，融汇科技与人文；再现发现发明，倡导求真务实；推动文明进步，助力民族复兴。

ISBN 978-7-5331-7659-4



定价：27.50元

大众农学史



◯ 曹幸穗　柏芸　张苏　王向东　著

“十二五”国家重点图书出版规划项目
中国科学院自然科学史研究所 策划
丛书主编 郭书春

山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

大众农学史/曹幸穗，柏芸，张苏，王向东著. —济南：山东科学技术出版社，2015
（大众科学技术史丛书）
ISBN 978-7-5331-7659-4

Ⅰ. ①大… Ⅱ. ①曹… ②柏… ③张… ④王… Ⅲ. ①农学—农业史—世界—普及读物 Ⅳ. ①S-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 292315 号

大众科学技术史丛书

大众农学史

曹幸穗　柏　芸
张　苏　王向东　著

出版者：山东科学技术出版社
地址：济南市玉函路 16 号
邮编：250002　电话：(0531)82098088
网址：www.lkj.com.cn
电子邮件：sdkj@sdpress.com.cn
发行者：山东科学技术出版社
地址：济南市玉函路 16 号
邮编：250002　电话：(0531)82098071
印刷者：山东德州新华印务有限责任公司
地址：德州经济开发区晶华大道 2306 号
邮编：253074　电话：(0534)2671209

开本：720mm×1000mm　1/16
印张：15.25
版次：2015 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-7659-4
定价：27.50 元

《大众科学技术史丛书》
编 委 会

主　　编　郭书春

编　　委　（按姓名拼音为序）

白　欣　柏　芸　曹幸穗　陈宝国

郭书春　刘　珂　刘树勇　刘献军

茅　昱　孟　君　潘丽云　沈玉枝

史晓雷　王玉民　韦中燊　邢声远

颜宜葳　杨　静　游战洪　张大庆

赵翰生　周嘉华　周文臣

序 Foreword

英国哲学家培根说，读史使人明智，科学使人深刻。科学技术史图书可以给读者提供一举数得的精神食粮，而科学技术史的普及读物对社会的影响常常比专著还要大。了解科学技术进步的历史不仅有利于掌握知识，更有利于认识科技发展的规律，学会科学发现和技术发明的方法，提高国民特别是青少年学生的素质。因此，向读者提供高质量的科学技术史普及读物，是科学技术史学者和出版机构责无旁贷的使命。

为了充分利用科学技术史传播科学知识，弘扬科学精神，培养青少年学科学、爱科学的良好素质，学术界有必要撰写系统阐述科学技术不同学科发展历史的普及读物。为此，中国科学院自然科学史研究所与山东科学技术出版社商定合作撰写、出版一套《大众科学技术史丛书》。该课题得到有关部门的大力支持，并列入《“十二五”国家重点图书、音像、电子出版物出版规划》增补项目。

本丛书展现历史上的科学技术知识以及科学技术专家的生平、科学活动和科学思想，兼具科学性和人文性，反映科学技术发展与人文思想演进的关系。本丛书力求具有科学性、系统性和通俗可读性。

所谓科学性就是科学准确地表述各学科史的内容，并尽可能汲取最新的研究成果。各册所述内容必须是学术界公认的，经得起时间考验的。对学术界尚有争论的内容，或者以一家为主，兼及别家，或者并列诸家之说。主要学术观点力求有原始文献或转引自权威著作的文献作依据，避免粗制滥造、以讹传讹。

所谓系统性一方面指在书目设置上既有基础学科，又有应用学科，覆盖数学、

物理学、化学化工、天文学、地学、生物学、医学、农学、建筑、机械技术、纺织技术、军事技术等科学技术史的各个主要分支学科；另一方面指每一学科的篇章设置能够涵盖该学科的重要成就、著作和科学家、重大事件和科学技术机构等，要使读者能够比较完整地了解该学科由低到高的不同发展阶段及其在不同文化传统中的特点。

所谓通俗可读性就是既要使用规范的汉语语言和标准汉字，又要做到通俗易懂，雅俗共赏，老少咸宜。在确保科学性的同时，要尽量采用便于大众理解的表述方式，并对历史上出现的、今天已经不再使用的重要术语用现代术语加以解释。

我们希望，广大读者特别是青少年学生通过本丛书既可以领略科学技术的严谨，又能理解它们对经济和社会发展的巨大作用，受到科学精神的熏陶，激发对科学技术的兴趣，树立钻研科学技术的志向。

本丛书各分册的作者都是科学技术史学科有较深造诣的专家，有的是学科的领军人物，有的是成绩突出的中青年骨干。当然，任何工作都是阶段性的，每位学者的知识都有局限性，即使是术有专攻的专家也不例外，因此本丛书也可能有明显的疏漏和错误之处，恳请读者们不吝赐教，以便再版时修正。

中国科学院自然科学史研究所所长、研究员

张柏春

前言

Preface

农学是农业科学的简称，通常有广义和狭义之分。广义的农学是指研究农业发展的自然规律和经济规律的科学，是涉及农业环境、作物和畜牧生产、农业灾害、农业工程、农业经济、农村制度和农业政策等的综合性学科。狭义的农学特指研究农作物生产的科学，包括农作物生长发育规律及其与外界环境条件的关系、病虫害防治、土壤与营养、种植制度、遗传育种等。我们这本小书书名中的农学是指广义的农学。在书中，当叙述的内容侧重于强调产业属性时，我们使用“农业”来称谓；当叙述的内容更侧重于科技知识属性时，我们会用“农学”来称谓。

农业原本只是一种纯粹的产业，是人类谋生的“第一产业”。后来，特别是近代工业革命以来，出现了很多与农业有关的问题如环境问题、食品安全问题、粮食贸易均衡问题等等，于是人们惊异地发现，农业原来是一项承担多种使命的生产活动，而不单单是追求利润的“产业”。农业具有广泛的多功能性，不仅有经济功能和福利保障功能，而且还有生态功能、环境功能、文化功能等。从这一点上看，农业的“产品”是复合型的、联合型的，其中多数不能“出售”。比如，某个城市郊区有大片果园，它对于美化环境、减少沙尘、清洁空气以及市民的假日休闲，都起到很大的作用。这片果园的“产品”是苹果还是生态环境效应？或者二者都是？要是有一天果园的主人因为出售苹果未能获利而将果木砍伐了，受到损害的是果园的主人还是城市的居民？可见，农业的产品不单纯是可以出售的“农产品”，有时候它的“溢出效应”价值远大于它的“农产品”价值。

农业文化是指一个民族或区域在长期的农业发展中所形成的农业生产习俗、农村生活习俗、乡村岁时节庆习俗、农民礼仪处世习俗、农村游艺竞技习俗和社会组织习俗等。农业文化以其特定的审美情趣和价值观念，潜移默化地影响和规束着人们的道德意识和生活行为。农业文化不仅是一个国家或地区在历史积淀中形成的民间文化，而且是一种约定俗成并世代传承的农业生产制度和乡村行为规则。

农业文化属于民族的乡土文化，它区别于代表政治权势的官绅文化和代表知识智慧的精英文化以及代表时尚追求的都市文化。世界各民族的农业文化都有其历史演进过程中形成的特定的内涵，但是农业文化也有着共同的特点。

1. 农业文化的地域多样性

世界各地的地形地貌和气候环境千变万化。从热带农业到寒带农业，从沿海平原到山地高原，农业的地域类型十分丰富多样。农业文化实质上是带有很强的生态环境特点的地域文化，这就是中国民俗中所说的“一方水土养一方人”。

2. 农业文化的民族多元性

历史上，每个民族都对农业发展做出了特殊的贡献，一部农业史，就是世界各族人民共同创造的历史。各民族在其繁衍生息过程中，依据不同的环境资源特点，因地制宜地创造了自己的农业文化。各民族之间，各地区之间，在文化的传播和传承中，相互借鉴，相互学习，形成了多元融合的特点。例如，世界各地的动植物品种、生产工具、农牧业技术乃至生活习俗等等，都有文化交流传播的印记。这其中既包括本国内各民族之间的农业文化传播，也包括与世界其他民族之间的农业文化传播。

3. 农业文化的历史传承性

农业文化是人类最古老的原生性民俗，至今我们依然可以在许多国家的乡村习俗中发现原始民俗的踪影。但是，由于环境、经济、文化等等方面的差异，世界各地的农业发展进程具有明显的历史阶梯性。有的国家发展程度较高，传统的农业技术或生产工具早已退出了历史的舞台，而在一些相对后进的国家或地区，依然在传承古代农业的生产方式，由此构成了农业生产的古今文化链。沿着这条连结世界文明的历史长链，我们可以发现农业历史遗存的“技术化石”和“文化遗存”，从而得以了解农业历史的面貌。

我们这本小册子，正是从农业文化的角度，向读者徐徐展开世界农学史的画卷。它是历史的，也是大众的。说一句北京方言：“咱们——作者和读者——都在画卷中”。

著　者

目录
Contents

序篇　原始农业

一、农业起源与原生文明 …… 2
人类的"童年" …… 2
农业起源 …… 4
栽培作物的起源 …… 7
畜禽饲养的起源 …… 10
最早的农耕区域 …… 11
世界古代农业的传播路线 …… 12
二、原始农具与工具 …… 13
砍伐农具 …… 13
播种农具 …… 14
翻地农具 …… 15
碎土和中耕农具 …… 16
收割农具 …… 16
粮食加工工具 …… 17
贮藏器具和设施 …… 18
提水工具 …… 19
纺织工具 …… 20

渔猎工具 …… 21
复合工具 …… 23
三、原始农学的萌芽 …… 24
物候学知识 …… 24
天象学知识 …… 26
生物学知识 …… 28

上篇　古代农业

一、世界上古的农业文明 …… 32
古巴比伦农业 …… 32
古埃及农业 …… 34
波斯帝国农业 …… 36
古希腊农业 …… 37
古罗马农业 …… 39
古印度农业 …… 42
世界其他地区的早期农业 …… 43
上古农牧文明的冲突与融合 …… 48
游牧民族入主中原与五胡乱华 …… 49
西罗马的灭亡 …… 49
二、世界中古的农业文明 …… 51
西欧中古农业 …… 52
东欧中古农业 …… 57
东亚中古农业 …… 60
南亚次大陆中古农业 …… 63
阿拉伯帝国中古农业 …… 63
中古时期的世界格局 …… 64
三、中国古代农业 …… 66
农耕区域的形成与变迁 …… 66
作物构成的变化 …… 68
土地利用方式的变化 …… 69

土地制度的变革 …… 71
农业税制的变革 …… 75
四、古代的农学成就 …… 79
动植物的选育驯化 …… 80
植物无性繁殖技术 …… 82
相畜术——古代的家畜外形鉴定学 …… 84
栽培管理技术 …… 84
饲养管理技术 …… 85
农具制作技术 …… 86
水利灌溉技术 …… 88
温室种植技术 …… 89
粮食仓储技术 …… 91
园林养护技术 …… 92
五、古代农学的传播 …… 95
体制性的农耕区域扩展 …… 95
事件性的农业文明扩散 …… 98
文化性的农耕文化传播 …… 100
人际性的农业文化交流和扩散 …… 104

中篇　近代农业

一、近代农业的转型 …… 110
英国近代农业 …… 111
法国近代农业 …… 112
德国近代农业 …… 114
日本近代农业 …… 115
美国近代农业 …… 117
加拿大、澳大利亚、新西兰的近代农业 …… 119
徘徊在近代农业之外的夕阳国家 …… 122
二、中国的近代农业 …… 124
近代史上的世界与中国 …… 124

西方农学的启蒙 …… 125
晚清政府的兴农举措 …… 129
晚清的新式农学遗产 …… 130
民国政府的农业改革 …… 131
三、美洲作物的传播 …… 136
玉米 …… 136
马铃薯 …… 138
陆地棉和海岛棉 …… 141
烟草 …… 142
可可 …… 144
番茄 …… 145
甘薯 …… 146
花生 …… 147
辣椒 …… 149
其他美洲作物的传播 …… 149
四、近代农学体系的建立 …… 150
自发性农学研究的兴起 …… 151
近代农学的体制化 …… 153
近代农学的体系化 …… 159

下篇　现代农业

一、现代农业科技与绿色革命 …… 168
20 世纪的农业科技进步 …… 169
第一次绿色革命 …… 175
第二次绿色革命 …… 179
农业现代化发展的路径选择 …… 182
世界范围的农业现代化 …… 183
二、20 世纪成立的国际农业组织 …… 184
联合国及其涉农组织 …… 184
联合国大学及其农业项目 …… 189

国际农业研究磋商组织 …… 193
第三世界科学院 …… 197
三、生物育种技术的进展 …… 199
杂交育种 …… 199
单倍体育种 …… 202
多倍体育种 …… 204
原子能辐射诱变育种 …… 205
太空航天育种 …… 207
细胞工程育种 …… 208
转基因工程育种 …… 210
四、现代农业装备的进展 …… 213
设施化农业 …… 213
自动化农业 …… 216
工厂化农业 …… 218
智能化农业 …… 220
精准农业 …… 222
五、农业：五条大路通未来 …… 223
有主无人的农业 …… 223
上天入地的农业 …… 224
休闲观赏的农业 …… 225
自种自食的农业 …… 226
量身定制的农业 …… 227
参考文献 …… 229
插图引用书目 …… 230



序 篇

原始农业



一、农业起源与原生文明

人类的“童年”

在漫长的旧石器时代，我们的远古祖先在生存斗争中，依靠原始的采集渔猎方式，生活了数百万年。进入新石器时代，人类又取得了长足的文明进步，最终为农业文明的诞生积累了多方面的知识和技术。人类的进化如图 1-1 所示。

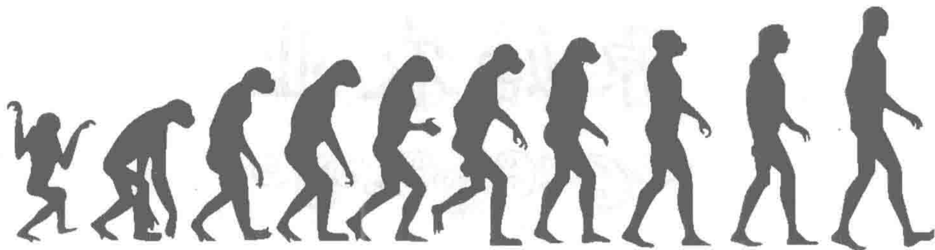


图 1-1 人类的进化［R］

从新石器的制作技术看，这时代的祖先们堪称“石匠大师”。如果到博物馆去看看，你会对那些橱窗里陈列的出土石器之精巧叹为观止。有一种很薄的石制“月桂叶刀”，即使依靠当代工业技术也不能轻易复制出来。还有那些用精巧的石钻工具雕刻出来的倒刺骨片和鹿骨鱼叉，形状极好的鹿角标枪，以及用于缝制兽皮衣物的骨针，它们的工艺水平也都是如此非同凡响。文明发展到了这种地步，我们相信原始人一定积累了驯化动植物的知识。

在一般的印象中，人们总是认为石器时代的祖先们生活极为艰难。但是，人类学和考古学的资料却提供了相反的例证：新石器时代的人们享受着相对高标准的舒适和安全。那时候，大量的野生动物到处游荡，在许多原始人群落考古遗址常常都可看到几百头上千头长毛象、野鹿等大兽的遗骨堆积。这证明了旧石器时代人拥有高效率的猎捕大型群兽的组织协调能力。原始人的遗骨残骸则能证明当时人们的营养状况相当不错。考古学家发现，3 万年前的狩猎时代，成年男子平均身高为 1.77 米，成年女子平均身高为 1.65 米；而在 1 万年前的农业起源年

代，男子身高降为 1.65 米，女子只有 1.53 米。直到当代，在高生活水平的美国，人的平均身高才再次达到旧石器时代人的身高水平。这一点证明，在石器时代，人类的营养状况普遍良好。

我们可以毫不夸张地说，人类的"童年"是幸福的童年。那时候，地球上的人类还很稀少，自然生态远不是我们今天所看到的这个样子，到处都是森林、草原、湖泊、河流。野生动植物非常丰富，人们用不着花费很多时间就能满足食物之需。在这种取之不尽的大自然恩赐中，人类享受了几百万年的轻松生活。拥有这么优越的自然生存条件，如果我们的祖先们反而去种麦子，去养猪放羊，那才是不可思议的。

但是，到了距今一万三千年前，地球气候发生了一次巨大的变化。一个全球性的暖流标志着最后的冰河期走向终结。随着气候日益变暖，树林侵入了大群野兽赖以生活的草原，草原面积大大缩小了。由此而给人类带来一个前所未有的生态灾难，因为原始人赖以为生的许多大野兽突然减少了，甚至绝迹了。例如长毛象、长毛犀牛、野牛、野鹿都灭绝了，少数幸存下来的大兽，数量也在急剧减少。这种生态变化导致获取动物蛋白变得极为困难。图 1-2 描绘了这种情形。



图 1-2　气候变化使野生动物逐渐减少，狩猎变得越来越难［R］

另一方面，随着人口的增加，人类耗费的自然资源日益增多。少数在冰河期结束时幸存下来的草食巨兽几乎被人们斩尽杀绝了。猎人们为了补偿其劳动收益的降低，便绞尽脑汁去发明和采用猎杀效率更高的武器和技术。长矛、掷枪、标枪以至专用于远距离猎杀的工具——弓箭都先后应运而生了。总之，由于野兽减少，客观上迫使人们想方设法地改进捕猎工具和提高捕猎技术。而狩猎技术的进一步提高，又促使野生动物加速灭绝。于是，资源枯竭的恶性循环开始了：资源越少，采猎强度越大；采猎水平越高，可用资源越少。图 1-3 是古埃及渔猎图。



图 1-3　古埃及渔猎图［D］

在这一变化过程中，人们谋生的对象渐渐从动物转向了植物。可是，仅仅依靠采集野生植物来维持生活，也同样会遇到与野生动物一样的资源枯竭的问题。大约距今1万年前，人类已经无法完全依靠野生动植物来维持生计了。采集狩猎业的劳动回报率持续下降，促成了经济活动向农业的转变。只有在这时候，开展农业生产的客观条件才具备了。这就是说，由于生态变化和人口增长，人类第一次遇到了生存压力，或者称之为挑战。这个压力和挑战迫使人们着力于寻求新的谋生之路，有意识地饲养易于驯化的动物和栽培原本是野生的植物。这是历史的必然选择。当人类每天只用两三个小时去打猎采集就可满足生存之需时，农业的观念就永远也不会产生。如果用同样的时间去栽培小麦或饲养绵羊比采集狩猎所得的报酬更高，人们自然就会毫不犹豫地选择从事农业生产。因此可以说，一切社会经济变革，归根结底还是经济规律在起作用，即便是在原始时代，也都毫无例外。

农业起源

1. 为何世界农业几乎同时诞生于1万多年前

这是一个非常有趣但也很难考证的问题：为什么世界各地农业起源的最早时间，几乎都在距今一万年左右的时间段里？显然，这里面存在一个尚未被今天的人们所完全认知或认同的原因。

地质学上的资料表明，自从地球诞生至今，每隔数万年左右，地球上的气温就会经历一次温暖期与冰河期的循环。两次冰河时期之间，地球的气温较暖和，称为间冰期。地球的气候以缓慢的速度逐渐地变化，并非一成不变。

温度的下降，改变了地表的植物相，也更间接或直接地改变了动物的生存环境，使得许多动物灭绝或被迫迁移。当然，能够适应改变后的环境的物种，就会幸存下来。

冰河时期来临时，温度的降低是缓慢渐进的。最近一次的冰河期发生在距今约一万八千年前，科学家的研究结果显示，当时的气候寒冷，全球约有1/3的陆地覆盖在240米厚的冰层之下。地球的气候不断重复冰期与暖期的循环。目前地球正处于暖期，并已经持续了大约1.5万年。而目前所知的农业起源，正是与这最近一次冰河末期的发生时间高度重合。因此，我们认为，气候变化是促成农业发生的直接原因。

2. 原生文明

英国著名历史学家汤因比说过，没有一个民族国家能够独立地说明自身的历史问题。因此，应该把历史现象放到更大的范围内加以比较和考察。这种更大的

范围就是文明。基于这样的历史思考，汤因比把过去6000年的人类历史划分为21个成熟的文明：埃及、苏美尔、米诺斯、古代中国、安第斯、玛雅，以及赫梯、巴比伦、古代印度、希腊、伊朗、叙利亚、阿拉伯、中国、印度、朝鲜、西方、拜占庭、俄罗斯、墨西哥、育加丹。其中前6个是直接从原始社会产生的第一代文明，后15个是从第一代文明派生出来的亲属文明。另外还有5个中途夭折停滞的文明：玻里尼西亚、爱斯基摩、游牧、斯巴达和奥斯曼。

世界上第一代原生文明，即埃及、苏美尔、米诺斯、古代中国、安第斯和玛雅文明，都毫无例外地建立在原始农业发展的基础之上，而且是建立在以谷物种植为中心的农业发展的基础之上。原生文明的发祥地，又往往是农业的起源中心。


图1-4　浙江河姆渡村落房舍［R］

农业的发生和发展改变了人类的生存状态、居住环境和文明进程。随着农业的产生，人类开辟了农田，相继有了水利设施，有了固定的果园和畜舍，也就是有了经济学上的“固定资产”，实现了长期的定居。图1-4描绘了人类的早期房舍。

定居有利于财富的积累、社会的分工和科技的进步。从这个意义上说，文明社会的形成是以食物生产方式的革命为前导的。但由于生产力虽有发展而尚不够发达，这时的社会分工不能不以阶级分化、城乡分化、脑力劳动与体力劳动分化的形式来实现，由少数统治者掌握着社会财富、权力和从事文化事业的条件。恩格斯说：“当社会总劳动所提供的产品除了满足社会全体成员最起码的生活需要以外只有少量剩余，因而劳动还占社会大多数成员的全部或几乎全部时间的时候，这个社会就必然划分为阶级。”标志着人类摆脱原始状态的文明时代，却同时是一个社会分裂、阶级压迫的社会。对于实行原始共产制的氏族社会，这似乎是一种倒退，但却是人类社会进一步发展所必需和不可避免的过程。

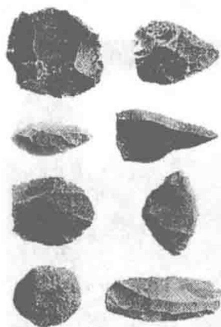
3.原始工具的加工技术

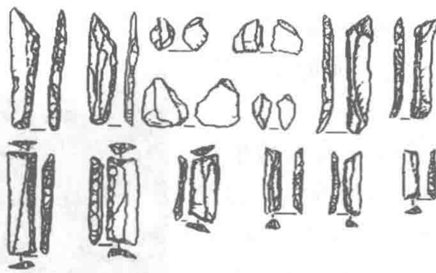
除了气候变化的外在力量推动之外，作为农业起源的内在推动力，石器时代的技术进步和积累，是农业文明产生的必要条件之一。如果没有足够的文明积累，即使气候的灾难性变化到来，人类也只能被动应对，或者延缓进化的进程，或者接受灾难性的后果甚至消亡。但是幸运的是，人类在气候的剧烈变化之中，发明了农业，从而不仅避免了消亡的厄运，反而藉此获得了飞跃。

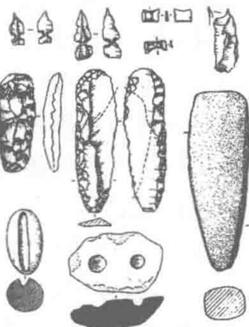
人类与动物的根本区别在于能运用技术来开拓食物的种类或范围，因而能够

在各种生态环境中生存。在一定程度上，原始时代的人类历史实质上是技术发展史。

人类经历的最初文明时代称为旧石器时代。这里出现了两个并列的概念：旧石器和旧石器时代。考古学上定义的“旧石器”是指主要通过打制的方式形成的石器工具，使用旧石器工具的时代称为旧石器时代。这个概念是与后世的通过磨制而成的“新石器”对应而说的。图 1-5、图 1-6、图 1-7 为欧洲和古巴比伦石器。


图 1-5 欧洲的旧石器［N］


图 1-6 古巴比伦卡拉巴旧石器［H］


图 1-7 古巴比伦卡拉巴新石器［H］

我们的祖先们是如何将石头打制成石器工具的呢？考古学家们经过反复研究试验，复原了一些远古人类制作石器的方式，主要有下面的几种：

碰砧法：将一块小石料碰击到一块大的石头上，从碰下来的石片中选择适宜作为工具使用的。

锤击法：将选好的石料放在地上，手握一块大的石头敲击放在地上的石料，从击打出来的石片中选择工具。

间接打击法：在选好的石料上面放置一根木棍或者骨料，然后用一块石头捶击木棍或者骨料，把重力传递到石料上，使其剥落下比较锋利的石片。

使用上面这些办法打制出来的石器种类很多，它们各有专门的用途，如砍砸器、刮削器、尖状器、雕刻器、斧形器、镞形器、刀形器、球状器等等。

火的发明和应用是旧石器时代一大文明进步。人类利用的原始火种来源于自然界的自燃火，如雷击产生的植被大火、大量干枯枝叶堆积产生的自燃火等。原始人以火熟食、以火驱寒、以火阻兽。远古时代的篝火，不仅是温饱和安全的保障，而且也是社交娱乐的场所，今天的人们围着篝火载歌载舞，就是那时候传下来的习俗。

旧石器时代中期人类觅食技术已有很大改进，这一阶段已能有效地捕杀大型动物如驯鹿、赤鹿、猛犸和野牛。这些动物在一些遗址的猎物中占 80%。本期的

石器以莫斯特尖状器为代表。沿海地区的莫斯特居民,采食贝类,捕捉鸟类、鱼类和小哺乳动物。他们的洞穴遗址表明他们在此长期居住,迁徙不大。

旧石器时代晚期石叶技术的出现,表明人类已能最大限度地利用高档的食物资源。用石叶来制作矛和镞,技术向着个体变小、杀伤力增强的方向发展。矛和弓箭的发明和广泛使用,标志着人类当时利用陆生动物资源所能达到的顶点。大量的鱼叉表明水生资源已经是人类觅食的重要对象。图 1-8 是古巴比伦人使用的装柄狩猎武器。

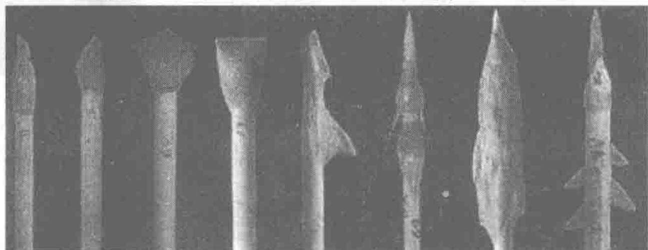


图 1-8　古巴比伦人使用的装柄狩猎武器 [H]

陶器是人类为了贮藏和烧煮动植物的重要发明。经过烧煮的食物更易消化吸收,陶器还扩大了资源的供应。图 1-9 是新石器时代欧洲人的陶器。

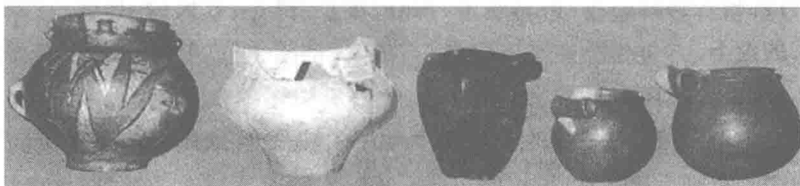


图 1-9　新石器时代欧洲人的陶器 [M]

农业起源并非是一种人类所能预见的过程和向往的目标,也非某些先知人物的发明和发现。它是在人口和自然资源平衡失调的压力下,人类不断进行技术投入,来改造动植物和生态环境,以维持社会生存的结果。

栽培作物的起源

迄今为止,人类栽培种植的作物的来源通常被分为两类,一类是人类有目的驯化的植物,如小麦、大麦、玉米、稻、棉等,属于原生作物;另一类最初是与原生作物伴生的杂草,当原生作物被传播到不适宜于原生作物自身生长的环境时,这些伴随而来的杂草却能够自生自长,很快适应了新环境,于是就出现反客为主的物种替换现象,原先的杂草成为了新的作物,成为栽培的主体,这类作物被称为次生作物。例如,燕麦和黑麦在中亚和西亚本是混生在麦田内的杂草,到小麦被移植到纬度更北的一些地方种植时,由于燕麦和黑麦的耐寒性强于小麦和大麦,就被分离出来成为次生作物。

1. 瓦维洛夫的 8 个作物起源中心学说

1926 年瓦维洛夫(图 1-10)提出全世界至少有西南亚洲(中亚细亚)、地中海区域、东南亚洲和热带美洲高原 4 个作物起源中心的观点。以后,随着考察地区范围的扩大和对考察材料的进一步分析,又在 1935 年提出以下 8 个作物起源中心:


图 1-10 前苏联科学家瓦维洛夫[W]

(1)中国中心:是世界上最大的独立起源中心。起源于中国中部和西部山区以及附近低洼地。主要作物有黍、粟、稗、荞麦、裸大麦、裸燕麦、大豆、中国甘蔗、大麻、苎麻、山药等。还有后来被论证起源于中国南部沼泽地的中国栽培稻。据统计,世界上 660 种重要的粮食作物、经济作物及果树、蔬菜等,起源于中国的就有 136 种,占总数的 20.42%。

(2)印度中心:主中心有印度阿萨姆和缅甸,附属的印度—马来西亚中心包括支那和马来群岛。印度是稻、甘蔗、粒用豆类、中棉、山药和许多热带果树的故乡。

(3)中亚细亚中心:包括印度西北部、阿富汗、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦等地。主要作物有普通小麦、密穗小麦、豌豆、蚕豆、绿豆、草棉、芥菜等。

(4)近东中心:包括小亚细亚内地、高加索、伊朗、土库曼高地。主要作物有普通小麦、波斯小麦等。

(5)地中海中心:主要是地中海沿岸地区。主要作物有硬粒小麦、波兰小麦、燕麦等。

(6)埃塞俄比亚中心:包括埃塞俄比亚、厄立特里亚和索马里部分地区。主要作物有二粒小麦、波兰小麦、大麦、高粱、亚麻、芝麻、蓖麻等。

(7)墨西哥南部和中美洲中心:包括墨西哥南部、危地马拉、洪都拉斯和哥斯达黎加等地。主要作物有玉米、菜豆、陆地棉、剑麻、甘薯、烟草等。

(8)南美洲中心:包括秘鲁、厄瓜多尔、玻利维亚等地。主要作物有马铃薯、粉质玉米、花生等。

他认为这 8 个中心在古代由于山岳、沙漠或海洋的阻隔,其农业文明都是独立发展的,所用农具、耕畜、栽培方法各不相同,每个中心都有相当多的有价值作物和多样性的变异,是作物育种家探寻新基因的宝库。

2. 齐文和茹考夫斯基的 12 个中心学说

齐文(1970)和茹考夫斯基(1975)在瓦维洛夫学说的基础上,将 8 个起源中心所包括的地区范围扩大,又增加了 4 个起源中心,使之能包括所有已发现的作物基因种类,即有 12 个基因大中心:①中国—日本中心;②东南亚洲中心;③澳大利

亚中心；④印度中心；⑤中亚细亚中心；⑥西亚细亚中心；⑦地中海中心；⑧非洲中心；⑨欧洲—西伯利亚中心；⑩南美中心；⑪中美和墨西哥中心；⑫北美中心。

3. 哈伦对起源中心理论的修正

随着作物起源研究的进展，瓦维洛夫的论点得到了进一步的订正。如后来发现有些作物的原生起源中心并非就是显性基因集中的地区，有些作物起源中心与变异中心并不一致，等等。哈伦认为，作物的起源和变异要综合空间和时间两方面因素加以论证，根据作物扩散面积的远近和大小，大致可分为 5 个类型：①土生。植物在一个地区驯化后，从未扩散出这一地区，如非洲几内亚的弯臂粟（*Brachiaria deflexa*）、美洲墨西哥的印第安稷（*Panicum sonorum*）等。②半土生。被驯化栽培的植物只在邻近地区扩散，如非洲稻（*Oryza glaberrima*）的起源地可能在尼日尔河的泛滥盆地，扩散栽培区域仅西达塞内加尔及几内亚海岸、东至乍得湖这一范围，别处即无栽培。③单一中心。在原产地被驯化后迅速在相似的其他适宜地区大量栽培，不产生次生中心。如橡胶、咖啡、可可等即属此类型。④有次生中心。作物从一个明确的原生起源中心广泛扩散栽培，在一个或几个地点形成次生变异起源中心。一些重要作物如小麦、大麦、玉米、芝麻、豌豆、蚕豆等属于此类型。⑤无中心。有些作物看不出有明显的原生起源地点，如高粱、菜豆、油菜、香蕉等在相当大的范围内似乎都能驯化栽培。因此时间久远并不是多样化变异中心形成的唯一因素，栽培环境的复杂性更易引起多种变异类型的形成。山区，尤其是低纬度山区植物变异类型多样的原因就在于此。变异产生以后再通过主要是人的有意识或无意识的选择，就形成不同地区作物类型的不同特点。此外，哈伦认为某些作物的特殊隐性基因类型出现于一些较窄的生态地区，形成基因小中心，同样具有推动作物进化的作用，如土耳其的 3 处小麦基因小中心。

4. 主要作物的起源地

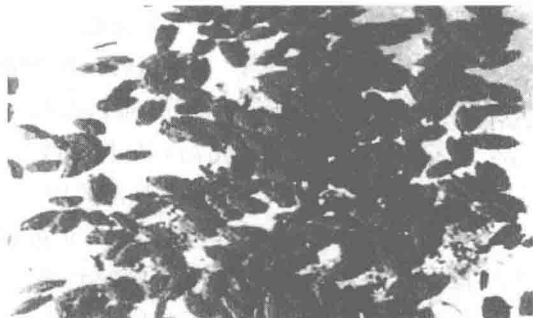
小麦最早起源于西亚。西亚的伊拉克、叙利亚、土耳其、伊朗等同是野生小麦的原产地，并在公元前 7000 年开始种植。中国是普通小麦的最大变异中心之一。它在辽阔的中国土地上不同的自然条件下，经过人工选择和培育，形成不同的生态变异型，包括：具有抗旱和长日照性特点的黄土高原冬小麦型，蒙古高原耐冷凉、干旱的小麦型，华东、华南的喜温、春性和短日照性小麦型，西南云贵高原耐温暖多湿的小麦型，西北耐碱、耐旱的小麦型，青藏高原长日照性、特殊光温小麦型。

玉米种植起源于中美洲。早在哥伦布把玉米传入欧洲前 3 000 年，墨西哥人和印加人就以玉米为主食。当公元前 2000—前 1500 年玉米开始被驯化种植时，家种的玉米棒才 4.3 厘米长。现保存在墨西哥全国农牧林业研究所的墨西哥本地玉米品种有 8 200 种。玉米从墨西哥传入美国俄亥俄河口附近的匹兹堡（距离

约 3 200 千米)，大约用了 2 250 年(公元前 1500—公元 750 年)。

谷子最早是在中国驯化的作物，它的野生祖先是狗尾草，又称莠绿、毛莠、狐尾草等。我国的磁山、裴李岗等遗址中出土了粟的遗存物。谷子又称粟，最晚在 8 000 年前就已在中国的河北、河南等地普遍种植，然后传播到朝鲜、日本、东南亚等地。

水稻起源于西起印度的阿萨姆邦、东迄于中国云南省的一个椭圆形丘陵地带，早在 1 万年以前人类便在这一地区的丘陵及河谷从事稻谷驯化和栽培。水稻在亚洲大陆上共有三条传播路线：一是沿布拉马普特拉河及恒河一线，二是沿湄公河向南延伸至东南亚，三是沿长江向东延伸至滨海(图 1-11)。


图 1-11 浙江河姆渡出土的新石器时代栽培稻 [R]

大豆起源于中国，时间大约在公元前 2000 年以前，后经华北引至朝鲜、日本。豌豆由原产于西亚一带的野豌豆驯化而成。蚕豆由原产于西亚、北非的野蚕豆驯化而成，在公元前 3000 年已在近东被栽培。

棉花原产于印度的印度河河谷，在公元前 3000 年的印度河谷及巴基斯坦的古墓中，发现了棉织品及棉线的遗迹。公元前 1500 年棉花才在美索不达米亚平原引种。

畜禽饲养的起源

现在畜禽的野生祖先主要分布于西亚、中亚、印度和中国等地。早在原始农业时期，人类在狩猎过程中逐渐对几种重要的畜禽进行驯化，经过长期的改良和培育，成为现今畜牧业的主要饲养对象。据有关资料，伊朗在 11 000 多年前就对狗进行驯化，美洲在 14 000—9 000 年前、英国约克夏在 7 500 年前、丹麦在 6 800 年前、中国在 6 000 年前进行狗的驯化。

家猪是由生活在山林草莽和沼泽地带的野猪驯化而来的。猪的驯化以中国最早，其次是西亚地区(距今 6 000 年)。到公元前 2000 年，养猪已传播到整个西亚及印度和东南亚各国。

羊包括山羊和绵羊两种。羊的驯化以西亚地区最早，巴勒斯坦的杰里科地区早在公元前 8500 年就已驯养山羊；伊朗北部的里海沿岸地区，在公元前 6000 年也已开始驯养羊。到公元前 3000 年前后，羊已遍及西亚地区。其中绵羊的驯化可能较山羊稍晚，最早亦出现在西亚地区。

牛是由野生的乌鲁斯牛驯化而成的，距今 5 000—6 000 年在西南亚的美索不达米亚地区已开始驯养；水牛则是在印度或美索不达米亚地区的南部被驯化的。

马的驯化在时间上要较其他畜类稍晚。据考证，公元前 3000 年在中亚草原地区已驯养马，公元前 2000 年经土耳其和伊朗传入中东地区。希腊在公元前 2000 年就用马挽车，埃及在公元前 1600 年就有有关马的最早驯养记录。

驴来源于非洲野驴，其分布区较任何一种非洲的马科都要偏北，大体从索马里经努比亚和撒哈拉高地延伸到阿特拉斯山地。最先被驯化的驴是努比亚变种，后来其他野生驴也相继被驯化。大约在公元前 4000 年末期，驴经埃及被引进整个近东地区。

家鸡是由野生的原鸡驯化而来的。鸡的驯化以亚洲最早。中国早在公元前 1400 年就将野鸡驯化为家鸡，印度在公元前 1200 年也已驯养家鸡。

家鹅是在公元前 2300 年由埃及人将栖息于尼罗河流域的埃及雁驯化而成。接着，到公元前 2000 年末期，灰鹅和中国鹅也相继被驯化。

火鸡学名吐绶鸡，是公元前 5000 年在墨西哥的瓦哈卡谷地首先被驯化成家禽的。家鸽最早可能是在阿拉伯地区驯化的。早在公元前 3100 年，在近东地区就出现了鸽子的雕像。埃及大约是在公元前 2600 年开始养鸽的。

最早的农耕区域

大量的考古发掘表明，世界原始农业起源于北纬 40°～南纬 10°之间，大多属于半干旱的高地或丘陵地区。

在西亚，从伊朗的德黑兰平原以西的山前地带，经伊拉克北部、土耳其东南部到叙利亚以及约旦的北部和西部，呈现一个广大的“新月形”农耕带。早在公元前 8000—前 6000 年，该地区就出现了原始农业，人们在这里种植谷物、饲养家畜。

在中美洲的墨西哥坦马利帕斯地区以及瓦哈卡河谷和特瓦坎谷地的印第安人早在公元前 7000 年已开始种植玉米，并驯养羊驼。

公元前 7500—前 5000 年，在中国的黄河及长江流域开始种植小麦、谷子和水稻，并饲养猪、狗、羊等家畜。

随着世界人口的不断增长，原始农业缓慢地向前发展。据粗略估计，新石器时代的人口大致已达 5 000 万。不断增长的人口对食物的需求，以及由于家畜驯养导致饲料的不足，推动原始农业的地域不断拓展，生产技术也有所进步。例如，西亚地区在公元前 6000—前 5000 年出现了简单的灌溉农业，公元前 5000 年在埃及尼罗河流域产生了灌溉农业，公元前 2500 年印度已普遍种植稻麦。

世界古代农业的传播路线

根据国内外学者的研究，世界农业是由少数几个独立的中心向各地传播的。这些中心主要分布在西亚、中美洲的墨西哥和中国。此外，尚有亚洲东南部、非洲西部和南美洲的安第斯山区。由于各地条件不同，原始农业出现的迟早也不同。这些先后出现的原始农业，是如何逐渐扩展传播，最后成为人类的主要谋生方式的呢？

从最早的农业起源地西亚出发，向欧洲传播的路线主要有三条：一是往北，穿过土耳其到达乌克兰平原，然后再横过东欧，经波罗的海到达斯堪的纳维亚半岛；二是向西越过博斯普鲁斯海峡到达巴尔干半岛，再向北经多瑙河流域到达欧洲中部，并由此传播到大西洋西岸地区；三是向西穿过爱琴海到达希腊，经意大利、法国南部和西班牙，往北到达英国和爱尔兰。

由西亚往东的传播路线有两条：一是经伊朗高原，到达印度河流域；二是向东北，沿里海沿岸到达中亚地区。

中美洲以墨西哥和安第斯山区为主体的原始农业中心，分别向南、北扩展到南美洲和北美洲。

中国原始农业从华北、华南、西南的山区向周围平原地区扩散，特别是黄河流域成为中国最早的农业区域之一。

原始农业在地域上传播的结果，最后形成了三大谷物产区，即水稻产区主要分布于亚洲的东部和东南部，玉米分布于美洲，小麦分布在欧洲、中东、北非、中亚、南亚印度河及东亚黄河流域。农业传播不仅是多种作物的传播，而且包括与之相适应的多种栽培技术以及生活方式的传播。

二、原始农具与工具



农业文明开始于石器时代。有关石器的制作使用，有许多重要的考古发现。例如，在内蒙古的呼和浩特大窑、湖南的怀仁鹅毛口、广东的南海西樵山、湖北的宜都红花套等处遗址中，都发现了远古遗存的石器加工制造场。考古学家根据这些遗址的考古资料，可以复原当时的石器加工制造的过程，包括选料、选形、截断、打击、刻琢、磨制和穿孔等复杂的加工制作工序。

当然，我们将人类文明起源时期称为石器时代，并不是说当时使用的工具都是用石头制作的，只是遗留至今的考古出土实物主要是石器。与石质工具相比，其他同时被利用的自然材质如骨、角、牙、蚌、木等制作的生产工具考古发现的实物较少，农业考古界对此的认识和研究也相对较少。

新石器时代，其他材质的工具如动物的骨、角、牙等硬质工具的制作方法，主要有砍斫、打击、截断、切割、磨制、钻孔和刮磨等工序。通常，此类工具无需太多加工，基本保持动物肩骨、犄角的原来形状。尤其是蚌壳类工具，稍作粗加工即可使用。

新石器时代发明的斧、锛、楔、凿等石制工具，是制作木质农具的母工具。从这些石质工具的不同用途可以看出，石器时代制作的木质农具，经过了砍伐、横断、纵裂、选料等前期备料阶段的工序，然后进入加工阶段的刮刨、凿孔、穿眼等制作工序。当然，有一些最原始且简单的农具，如木尖棒、木耒耜等，并不需要经过复杂的加工即可成为农具。

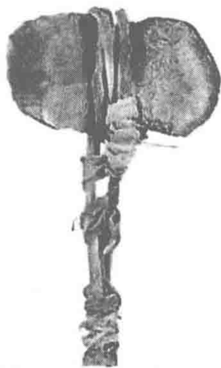
砍伐农具

原始农业不同于后起的传统农业，它所面临的耕作对象是原始山林，需要首先把茂密的林木砍倒，加以焚烧，然后才能在积满灰肥的土地上播种作物。砍伐和火攻清理农地，是播种作物前的必要准备。砍伐农具主要有砍斫器、石斧和石锛等。

1. 石斧

很早以来，人们用石斧来打击野兽，也可用它来砍伐森林、加工木材、制造木

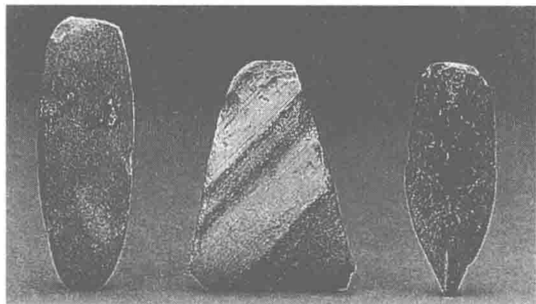
器和骨器。在原始农业出现以后，它又成为砍伐林木、开辟和清理耕地的主要工具，是最有代表性、用途相当广泛的砍伐农具。在我国的新石器时代遗址中，南到海南岛、北至黑龙江畔、东达山东半岛、西及青藏高原，到处都有石斧出土。其形状一般有方形、长方形、梯形，横剖面可分为椭圆形和长方形，斧刃可分为正刃和斜刃以及直刃和弧刃。图 1-12 是美洲原住民的石斧。


图 1-12 美洲原住民的石斧［L］

无孔石斧的装柄方式有三种：第一种是河姆渡文化的以曲尺形树木桠杈作柄，缠以藤竹或麻革，十分牢固；第二种是良渚文化的木柄上凿孔洞的方法，孔上细下粗与斧体上细下粗相吻合，斧顶露出柄外，越劈越紧；第三种是良渚文化的不透孔装柄方法，木柄上凿一个未透孔槽，装入顶细下粗的石斧，越劈越牢。

有孔石斧的装柄，以三条条带穿过石斧孔与柄上三孔相捆扎而成。这种装柄方法可以避免松动和脱落，是一种较好的装柄方法。在草鞋山崧泽时期、薛家岗文化、良渚文化、石峡文化的有孔石斧上发现了条带印痕，印证了有孔石斧的装柄方法。

2. 石锛


图 1-13 石锛［T］

石锛（图 1-13）主要是砍斫木材的手工工具，但也可以用来砍伐树木或砍斫树根，有些大型有段石锛还可能用来掘土挖坑，故也可视为原始农业的农具之一。石锛的形状主要有梯形、梭形、长条形，横剖面可分为拱形（即一面鼓起的长方形）和长方形、偏长方形，刃部有直刃、斜刃和弧刃之分。此外，还可分为有孔石锛和有段石锛，其中有孔者甚少。

从考古发现看，石锛有两种装柄方法：一种是河姆渡式，木棒前端留出一个扁平的段面，段部顶住锛顶，平面与锛体平面相贴合，缠绕绳索扎牢；另一种是良渚式，以有段石锛的段部卡在孔槽内，实践证明后者是经过改良的简单实用的方法。

播种农具

播种农具起源于尖木棒。当代的民族学资料证明，我国云南独龙族在近代仍然使用长 1 米多的尖木棒、尖竹棒点穴播种。另外，美国的依洛魁人也用挖掘木

棒在农地上挖几个小洞，丢下种子，然后盖上土。大洋洲的一些原始民族中也留存有原始的用木棒戳穴点种的方式。

在我国新石器时代遗址中出土有一种穿孔重石，被认为是一种播种农具，其用途是套于尖木棒下端以增加尖木棒的重量，便于播种。在印第安人、南非布须曼人的采集和农耕活动中，常使用尖木棒，有时在尖木棒偏下的地方套一个有孔石器，以增加重量。我国发现的新石器时代穿孔石器很多，可见我国原始农业生产中广泛使用穿孔重石，使点种棒更加顺手，以提高播种效率。

翻地农具

1. 耒

耒是一种带尖端的木质翻地农具，在原始农业时代广泛使用，并延续到传统农业的早期。耒分单齿耒和双齿耒。在新石器时代早期遗址中，如湖南澧县彭头山文化遗址、河北武安磁山遗址、陕西临潼姜寨新石器时代遗址和西安半坡仰韶文化遗址，等等，都可看到木耒的痕迹。

2. 耜

加宽耒的刃部，于是木耒演变成了木耜；此外，以石、骨、蚌为耜刃并装柄，使耜变成了一种复合农具。从农具的发展看，最初的耜是全木制的，后来才出现多种质地的耜冠组成的复合耜，如石耜、骨耜、蚌耜等。这四种不同质地的耜，都是比较锋利的翻地农具，一直沿用到商周时期，才为后来的金属锸所取代。图 1-14 是装柄木耜。



图 1-14　带柄木耜［T］

3. 铲

铲和耜同为原始农业时代直插式整地农具，两者并无明显的区别，都是耜耕农业阶段主要的松土农具。现在一般将器身较宽而扁平、刃部平直或微呈弧形的称为铲；而将器身较狭长、刃部较尖锐的称为耜。从材质分，有石铲（图 1-15）、骨铲、蚌铲等多种材质制作的铲。



图 1-15　石铲［T］

4. 锄

锄是横斫式翻土农具。我国发现的新石器时代的锄具很多。大型的锄用于挖土；小型的锄用于松土锄草，属于中耕农具。现在考古界一般称用于深挖土地的大型锄为镬，称用于中耕的小型锄为锄。最早的锄是木制鹤嘴锄，起源于采集时期，用以挖掘根块；农业产生后，锄用于翻地、中耕、播种等多种农活。有石锄、石

镬以及骨锄、角锄、蚌锄等类。

5. 犁

犁是用动力牵引的耕地农具，也是农业生产中最重要的整地农具。我国出土了很多新石器时代晚期的石犁。从形制看，可区分为小型石犁、大型石犁、三角形石犁。

犁是由耒耜演变而来的。出土的石铧很大，显然已经不是一般的带柄农具，而是犁柄下加装一个木制的犁床。由于犁床和犁铧扁平而且宽大，故适于水田耕作，江浙地区出土较多石犁可为佐证。新石器时代的石犁和犁架都很大，不是一人能操作的，因此可能已经安装犁辕，供人力或畜力挽引。

碎土和中耕农具

碎土农具有三种：木制鹤嘴锄、马鹿锄和木榔头。木榔头是取一根较粗的树枝，留其细枝为柄，用一段粗枝为榔头。内蒙古新巴尔虎旗出土了一种石锤，也应是一种碎土工具。其中木榔头是专用的碎土工具，后世文献称为"椎"。

考古发现的小石铲、骨铲、蚌铲等都是中耕除草农具。在南方水田中，骨铲、石锄和鹿角鹤嘴锄（图 1-16）等，应是主要的除草工具。在旱作地区，除草农具应是鹤嘴锄，但木质锄（图 1-17）难以保存下来，考古多见鹿角制的鹤嘴锄。

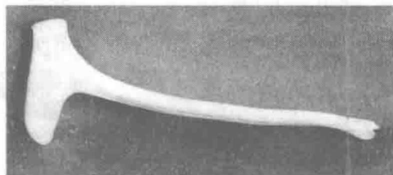

图 1-16　鹿角锄［T］


图 1-17　木锄［T］

收割农具

原始农业阶段的收割农具，主要有两种：刀和镰，其质料有竹、木、陶、石、骨、蚌等。最常见的是石刀和蚌刀。

1. 石刀

在原始的刀具中，石刀使用最普遍。山西省朔县峙峪旧石器晚期遗址曾出土一些打制的小石刀，其年代距今近 3 万年。当原始农业产生之后，石刀成为最早的收获农具。石刀的器形分为单片石刀、有孔石刀、镰形石刀和有柄石刀等四类。

2. 蚌刀

最常见的形制为长方形，也有的呈长条形、半月形、三角形和不规则形。长方

形蚌刀系将蚌壳的两个弧边和角端截去，整修为长方形，磨出刃部，再钻上孔。穿孔数及其排列位置有一定区别，少仅一孔，多则三孔。长条形蚌刀一般形体窄长，有的接近镰形。此外，还有相当多不规则形蚌刀。原始刀具质料和形式各异，用途多样，但均可用于收割。有孔的石刀和蚌刀，通过孔眼拴一绳套，逐渐演变成后世的"铚"。

3. 镰

另一种重要的收割工具就是镰，我国各地不同时代的新石器文化中发现了各种石镰（图 1-18）、蚌镰和少数骨镰。镰是一种安柄的刀，以木柄为主。镰在古代称刈。韦昭注："刈，镰也。"石镰有无孔无缺口、有孔有缺口之分，有直刃和凹刃两种，以及有齿、无齿两类，其中无齿居多。石镰大多装柄使用。蚌镰一般比较长，前端窄，尾端宽，具有一定的弧度。有的在中部和尾端钻孔，这是固定手柄用的。此外，考古出土中还发现有少量的牙镰等。



图 1-18　石镰及装柄示意图［T］

粮食加工工具

1. 石磨盘、石磨棒

石磨盘是人类最早发明的谷物加工工具，主要用于粟类谷物脱壳除稃。考古出土的早期石磨盘多分布于北方地区，大体上与粟类种植区域相吻合，也大体上与北方细石器工艺分布地区相吻合。石磨盘和与之相配套的磨棒适于加工粟类谷物而不适于加工具有坚实硬壳的稻谷，因此南方地区很少看到出土的原始石磨盘。图 1-19 是古巴比伦新石器时代的磨盘和碾钵。

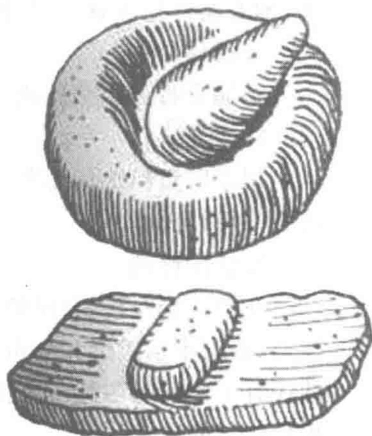


图 1-19　古巴比伦新石器时代的磨盘和碾钵［H］

通过对石磨盘、磨棒的考古发现，可以想象在距今八九千年前遥远的古代，我们的祖先就是手执石磨棒、石球、石饼，将放在石磨盘上的谷物用力反复研磨，脱去谷物坚硬的表壳，然后再用陶质炊具煮蒸食用的。因长期使用磨损，有的磨盘表面已凹陷，磨棒磨损变细。原始形态的石磨盘是利用天然石块稍作加工而成的，表现为天然石块（或少许加工）的不规则形状；与其配套使用的磨饼或磨棒，也呈现古拙的天然石块质感。这种类型的石磨

盘主要见于下川文化以及后来的仰韶文化的北首岭遗址和半坡遗址。

2. 杵、臼

杵、臼是远古时代用以舂去谷物麸壳或舂捣成米粉的粮食加工工具。人们最早加工谷物,可能只是取一根木棍,直接捶打谷穗,使之脱粒,然后在石磨盘上搓磨去壳,获得可食用的米粒。但是石磨盘的加工效率非常有限,远不能满足粮食加工的需要,因此,人们就取一根粗木棍,在地上挖一个圆坑,将谷物倒进坑中进行舂打。这就是《周易·系辞下》所说的地臼:"断木为杵,掘地为臼,臼杵之利,万民以济。"如今一些少数民族地区还在用这种地臼,只是他们做了一些改进,在地坑中垫上一块兽皮或麻布,以使舂出的米没有泥沙杂物。也有石杵和石臼(图 1-20)。

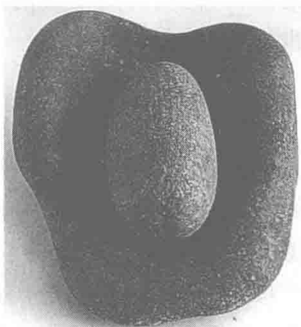


图 1-20　石臼[T]

贮藏器具和设施

在考古发掘的新石器时代中期遗址中可以看到,原始时代的储粮有地上和地下两种形式。地上储粮又有容器储粮和仓屋贮粮两种,地下储粮则用窖穴。此外,禾谷类作物还有居室穗储的方式。

1. 穗储

穗储是将若干稻穗或粟穗捆扎成把,将之悬挂于房内的墙上和架上。

2. 罐储

用于贮藏粮食的盛器,通常都是形制比较大的瓮、罐、钵、盆、缸等,但是也只适合小规模储粮。

3. 仓屋储粮

在新石器时代,仓屋储粮技术已经获得较大范围的普及应用。从郑州大河村遗址、西安半坡遗址和淅川下王岗遗址中,都可看到居室地面的防潮处理痕迹,有的还有了墙壁的防潮。考古学家认为,这种防潮处理的作用主要是为了主人堆存粮食的需要。

作为贮藏粮食使用的仓屋,其形状和结构与地上住房没有多大的区别,可以兼用为居室和仓房。在郑州大河村遗址中,发现了两种有防潮保温功能的居住建筑,一种是木骨整塑陶房,另一种为木骨泥墙住房。

4. 窖穴储粮

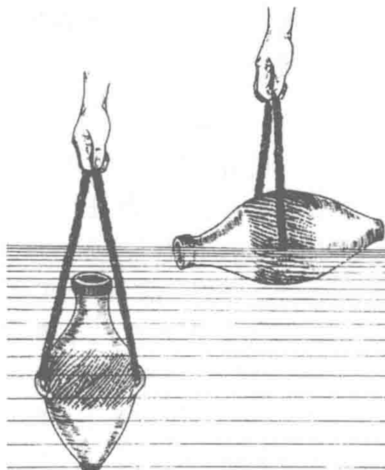
我国新石器时代中期的储粮窖穴,一般经过了进一步的加工修整。宝鸡百首

岭遗址窖穴的壁修整平齐，多数壁上涂有草拌泥和料礓石浆。西安半坡遗址窖壁用细腻的黄土涂抹。在对地下、地上粮仓的防潮处理上，无论是防潮材料，还是防潮方法，都大有进步。防潮材料有木板、草拌泥、料礓石、红烧土碎块、草、席等。关于防潮方法，主要是用火烤，将窖底、窖壁、仓房的地面都烤成坚硬的砖红色。有的窖穴和仓房的地面上铺有几层防潮材料，以达到更好的防潮效果。

提水工具

1. 尖底瓶

汲水器多为泥质陶制，是新石器时代仰韶文化典型器物之一。小口、细颈、溜肩、长圆腹、尖底，有的上腹部带双耳，器表多拍印纹饰。但因文化类型不同，所出器物亦略有差异。尖底瓶为古代盛贮器，用以从河中取水。它是利用重心来调节平衡的器物，空的时候倾斜，装水不多不少时直立，水装多了就翻倒，正可谓“虚则欹，中则正，满则覆”。其工作原理是：汲水时，将绳子穿过瓶子的双耳，将空瓶放入水中，它在水中自动下沉，注满水后，由于重心转移，瓶口朝上竖起，再用绳将瓶吊出水面，从而实现取满水而滴水不漏，汲满水时，瓶口向上并保持平衡，如图 1-21 所示。这充分反映了当时半坡居民科学知识的萌芽，体现出先人们通过长期实践对物体的力学原理和平衡原理已经有了初步认识。


图 1-21　原始时代的尖底瓶取水示意图［R］

2. 桔槔

桔槔是古代提井水以灌溉园圃的工具，它是利用杠杆原理将水提出井口。桔槔的最早记载见于《庄子・外篇・天运》：“且子独不见夫桔槔者乎？引之则俯，舍之则仰。”汉代的文献上也经常提到它。各地出土的汉代画像石中也有桔槔取水的画面。桔槔自汉代以后，一直在农村中使用。今天，在我国农村，仍有用桔槔提水灌溉菜园的。

3. 辘轳

辘轳是原始时代发明的提水工具。其结构是：在井口搭一架，架起一根横轴，轴上安装一束腰滑轮，将一根长绳一端系于水桶，另一端绕过滑轮握在手中。水桶盛满水后，用手拉绳索，水桶则随绳索吊到地面。由于通过滑轮改变了力的作用方向，故比直接从井中提水省力很多。

纺织工具

1.骨针

连缀草叶要用绳子,缝缀兽皮先用锥子钻孔再穿入细绳,后来就演化出针线缝合的技术。在北京周口店旧石器时代遗物中,发现了石锥。山顶洞人遗物中存有公元前1.6万年的骨针。骨针是引纬器的前身,是最原始的织具。随着骨针的使用,古代的中国人开始制作缝纫线。

目前所知最早的编织实物是河姆渡遗址出土的距今7000年的芦苇残片,纹样为席纹。西安半坡遗址出土陶器底部的纺织印痕有蓝纹、叶脉纹、方格纹和回纹等。

2.纺轮

随着原始农、牧业的发展,人们从采集时的优选逐步学会种麻、育蚕、养羊等人工培育纤维原料。要把麻、丝、毛等纤维原料加工成纺织品,首先必须纺成纱线。根据考古资料,在全国三十几个省市已发掘的早期居民遗址中,几乎都有纺坠的主要部件纺轮(图1-22)出土,它的出现至少可追溯到旧石器时代晚期。纺轮是原始纺织业出现的标志,说明我们的祖先很早就开始用"纺坠"进行纺纱。纺坠又称纺专、纺缚,后称瓦。

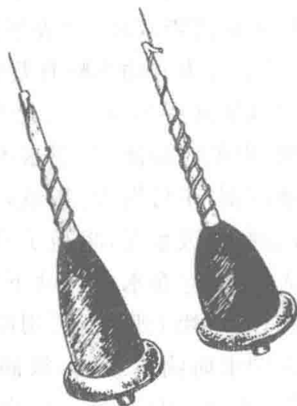


图1-22 原始纺轮示意图[T]

3.原始织机

由于纤维加工技术的进步,加工出的纱线越来越精细,再用"手经指挂"的方法编结,精细的纱线极易缠结在一起,给操作带来困难,于是我们的祖先就又发明出具有开口、引纬、打纬三项主要织造运动的原始织机。原始织机的具体形制目前还缺乏更多的实物依据,但是根据1975年在浙江余姚河姆渡新石器时代遗址第四文化层中出土的纺轮、木刀、骨匕、骨针、织网器、木卷布棍、木径轴、骨机刀等纺织工具,还是能够看出原始织机的端倪。发现的这些文物可能就是原始织机的零部件,骨针是用来引纬的,骨匕的作用是将织物打紧,木刀、带凹槽的木棍和硬木圆棍则是原始织机上的打纬刀、提综杆和卷布棍。这是目前为止所发现的世界上最早的原始织布工具,证明早在6000年前中华民族就已经开始用原始织机织布了。

渔猎工具

1. 鱼镖

鱼镖是距今 7500 年前的原始人类利用动物长骨磨制而成的一种专门用于射杀鱼类的捕鱼工具。早期的鱼镖两侧各有几个倒刺，鱼镖一旦刺入鱼体，鱼儿便难以脱身，以后则发展成多种形式。由骨鱼镖、镖杆、绳索组成的带索鱼镖是一件复合式捕鱼工具，由于使用长的绳索，因此适于远距离捕鱼。带索鱼镖是远古人类发明的第一件复合式捕鱼工具，它的发明在今天看来也非常具有创造性，它的创造灵感可能源自于人类使用弓箭射鱼的启迪。

2. 鱼叉

鱼叉可远距离捕鱼。新石器时代的鱼叉，除了带叉杆的鱼叉外，又出现了脱柄鱼叉，鱼叉的柄部有凸节或锯齿，便于系绳。这种脱柄鱼叉最早出现在江西万年仙人洞遗址，以后磁山、河姆渡、半坡等遗址都有发现，反映了捕鱼工具与技术的一大进步。

3. 鱼钩

原始鱼钩多为骨质(图 1-23)，有的还带倒刺，说明人们不仅能捉鱼、叉鱼、网捕鱼，而且还能从容地在岸上从深水中钓鱼。半坡遗址出土 9 件骨质鱼钩，制作均很精巧，有的有倒刺，这已是相当进步的形式，人类最初使用鱼钩钓鱼一定在此之前。



图 1-23　原始骨质鱼钩［T］

4. 鱼笱

在杭州水田畈遗址发现一个呈三角形的竹编织器，作工精细，是一种名叫鱼笱的渔具。从民族学材料看，这种鱼笱安在鱼梁开口的下处，用以诱捕鱼类。鱼笱进口呈漏斗形，有倒须，里面往往放着鱼饵。如果上述判断不错的话，中国使用鱼梁、鱼笱捕鱼，可以追溯到新石器时代晚期。

5. 渔网

网具是一种行之有效的捕鱼工具，从其发明至今一直在广泛使用。传说中华人文始祖伏羲氏发明渔网，教民捕鱼，创造了最早的渔业。

由于结网的材料多是植物纤维，易于腐烂，考古中尚未发现完整的渔网实物，但各地新石器时期遗址中出土的石、陶网坠说明当时已经使用渔网捕鱼。渔网上使用网坠是捕鱼技术的一大进步，网坠形式的多样化和普遍使用，也大体上反映

了多种渔网的存在。在西安半坡遗址出土的陶器上，绘有方形、圆锥形渔网，反映出半坡人在距今6000年前已根据不同的水域，利用不同形状的渔网捕鱼了。

6.舟船

近岸、浅溪的鱼类资源是有限的，要想捕捉到更多更大的鱼，人类还必须借助水上交通工具，才能航行到江河湖海的深处。原始人类观察到飘落在水中的一片落叶、一根枯枝能够漂浮在水面上，进而大胆地骑坐漂浮在水面的树木或竹子到达河湖中央，于是进一步突发奇想，将树木加工成了独木舟。萧山跨湖桥、余姚河姆渡、吴兴钱山漾、杭州水田畈等遗址出土的船体、船桨，证明长江下游的杭州湾地区在新石器时代水上航行已经相当普遍。这种航行不仅仅局限于内河湖泊，而且早在河姆渡时期就已经发展到海上了。当时捕鱼很可能是乘船至江湖之中，用骨镞射鱼和用木矛叉鱼。如果没有舟船这种水上交通工具，距今5000年前居住在今山东胶县的三里河人，就不可能捕捉到长约50厘米、游速很快的蓝点马鲛。

7.矛

矛一类刺杀工具，既能猎捕动物，又能捕获鱼类，按制作材料可分为木矛、石矛、骨矛等，后两种皆为矛头，需安装木柄组成复合工具。矛头起源于圆柱状尖木棒。旧石器时代晚期，随着狩猎经济的发展，开始出现木、石复合的标枪——石矛。阳原虎头粱出土形式多样的尖状器，其中包括有可以复合于木棒上的石矛头。新石器时代的矛头以石、骨两类为多，其形状多为梭形和桂叶形。大汶口墓地出土的部分骨矛，器身较长并有穿孔，似匕首或无柄短剑，为手握式短矛，是矛的一种类型。

8.弓箭

弓箭的发明很早，过去认为是中石器时代的产物，后来在我国某些旧石器晚期遗址就出土了石镞，但弓箭的普遍推广则是从新石器时代开始的。一般新石器时代遗址都出土了数以十计的石镞、骨镞和蚌镞，有的遗址出土了数以百计、千计的石镞、骨镞和蚌镞，如河姆渡遗址先后出土了1 000多件骨镞，西安半坡遗址出土了近300件骨镞和石镞。镞由石、骨、蚌等材料制成，是当时的狩猎工具，也是部落战争的武器。根据器物学的研究，这些箭头不仅用在弓箭上，还用在弩上，并出现了后部有孔的石镞，可系一长线，射中猎物后可拉线获得猎物，这就是弋射。弓箭、弩等狩猎工具，必然也是农耕部落的看护农具。

9.石球与陶球、石弹丸与陶弹丸

旧石器时代中期就有石球出土，到了旧石器晚期出土就更多了，如山西许家窑、辽宁营口仙人洞等遗址，都出土了数以千计的石球，这是利用飞石索投掷的猎具，分一球、二球和三球等飞石索。到了新石器时代后，石球依然是狩猎工具，也

是看护农具，它的使用范围扩大了，且种类和大小也富于变化。如西安半坡遗址出土各种球567枚，其中石球240枚，射程远、杀伤力大，是当时重要的看护农具。在长江流域的屈家岭文化和薛家岗文化中，还出土了不少制作精美的陶球，有些球是内空的，存放有沙粒，当投掷这些陶球时，能发出一定的音响，可能也兼有恐吓禽兽的作用。

弹丸出现的时间晚于石球，但在全国各地的新石器时代遗址中都有发现，且沿用甚久。质地有石弹丸和陶弹丸两类。这种弹丸的用途，历来有多种说法，主要有玩具、生产工具两种。据研究，这两种情况都存在，但游戏起源于劳动，弹丸首先是一种狩猎和看护农作物的工具，然后才派生为游戏用的玩具。

复合工具

复合工具，就是用不同的材料制作工具的不同部件，装配成一件完整的工具。复合工具的出现，是工具制作技术的一次飞跃，标志着生产工具开始由单体结构向组合结构转变。最初的复合工具，是由石器同骨、角、木制柄结合而成的，主要包括两大类：一类是由石料制成器体，然后装上骨、木、角制的柄，如木柄石斧、骨柄石匕首等；另一类是由骨、木、角等制成器体，在其刃部嵌入石刃，如石刃骨刀、石刃角矛头等。有时在装配时，还使用一些辅料，如作为垫塞材料的麻布、兽皮，作为捆缚材料的麻、葛、藤、竹、皮条，作为黏合材料的胶状物如桃胶、树脂等。

大量使用装柄工具（图1-24、图1-25），是原始农业生产效率提高的标志。柄的使用，使工具更有利于切割，或者更有利于挥动，产生更大的势能和功效。考古出土的一些石、骨、蚌器，原来多数是有柄的，只是木质柄已经腐朽不存。

还要指出的是，原始工具中的先进技术，当属复合工具中的卯榫结构和板材石楔纵裂技术。纵裂一根原木需要使用成组的石楔，板材纵裂技术代表了原始加工制作技术的最高水平。

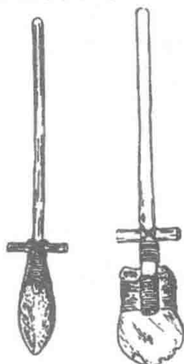


图1-24　装柄的耜和铲［R］

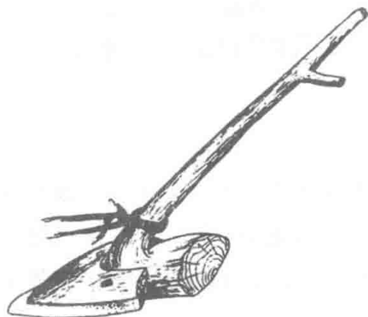


图1-25　装柄石犁图［T］

三、原始农学的萌芽

伴随农业的发生，农业生产实践中积累的经验逐渐增多，原始的农业科学萌芽也就产生了。新石器时代的远古祖先既然能把动植物驯化过来，在形态上、生殖习性上以及经济性状上都改变了动植物的野生状态，足见当时确实积累了一定的关于动植物的知识。在中国的早期典籍中，经常可以看到关于"神农氏"(图 1-26)教民稼穑的记载。《周易》说："神农氏作，斫木为耜，揉木为耒，耒耨之利，以教天下。"另一部古籍《白虎通义》说："神农因天之时，分地之利，制耒耜，教民农作，神而化之，使民宜之，故谓之神农也。"《庄子》也说："古者民不知衣服，夏多积薪，冬则炀之。神农之世，耕而食，织而衣，无有相害之心，此至德之隆也。"传说周族始祖名"弃"，"儿时好种树麻菽，麻菽美。及为成人，遂好耕农，相地之宜，宜谷者稼穑焉。民皆法之"。由于"弃"擅长农业技术，并热心传授给老百姓，所以舜帝封他为后稷，掌管农业并传授农业技术。这位后稷大人可能就是世界上最早的"农业部长兼农科院长"了。


图 1-26　神农雕像［W］

新石器时代是一个突飞猛进、发明创造层出不穷的时代。不过那是一个相当长的历史时期，众多技术并不是某一个天才人物所能独立发明的。与原始农业同时出现的相关科技知识涉及很多学科，主要有如下几类。

物候学知识

在人类文明进化史上，有一个很普遍的现象，这就是对自然现象的认识，总是呈现一种由远而近、由表而里的认识过程。比方说，原始时代，人们对天体气象的关注与观察，远比对身边的土壤水文的关注与观察多。

1. 农业与物候知识

由于农事季节的需要，人们对物候的观察更加深入，物候知识更加发展，从而成为人类最早掌握和指导农事生产的知识。

在《左传》中提到："玄鸟氏司分者也，伯赵氏司至者也。"玄鸟就是家燕，因为它春来秋去，所以古人用它"司分"，就是决定春分、秋分的日子。伯赵就是伯鸟，它夏鸣冬止，所以古人用它来"司至"，就是决定夏至、冬至的日子。有趣的是，由于鸟类活动有着相对稳定的随季节变化而变化的特点，因此古人就常常"以鸟名官"：掌管"两分"的官就叫"玄鸟氏"，掌管"两至"的官就叫"伯赵氏"。这些以鸟名官的传说反映了中国在原始社会已经用物候指时了。农作物的萌发、生长、成熟和收获与自然界气候季节变化的节律一致，也就是平常说的春种、夏耘、秋收、冬藏。自古以来，掌握农时成为农业生产的首要大事。人类掌握农时的最初手段就是观察物候。

什么是物候？它指自然界里的各类生物的季节性变化以及风霜雨雪的天气变化，如草木的荣枯、鸟兽的出没、冰霜的凝消等等，即汉代的《论衡·变动》所说的"天气变于上，人物应于下"。

跟随气候季节变化而产生的物候表现，其实质是反映了地球绕太阳公转的规律，即地球在环绕太阳公转的"黄道"上所处的刻度，这个刻度与一定的气候表现相对应。在古代，影响农业生产丰歉的诸多要素中，反映季节变化的物候知识是最重要的一个决定性要素，因为农业生产一旦错过了适宜的季节，其他的生产环节不可能弥补或替代。而且，运用物候知识来指导生产实践，是一种成本最低廉而效益最显著的手段，它几乎不需要物力和财力的投入。因此，物候知识自原始时代以来，一直绵延传承数千年。

谷物从播种到收获，要经历数月甚至于一年，物候知识的运用就变得复杂起来，因为农业生产既需要遵循严格的季节，又需要适合特定的地区，因时因地因物而异。在我国，黄河流域和长江流域的物候表象就区别很大。《齐民要术》引古代农谚"欲知五谷，但视五木"，说的就是运用物候知识来指导农业生产的实例。树木在长期的进化演进过程中，不仅适应了所附着生长的自然环境，而且还具有了顺应环境变化的本能。例如，当某年发生春寒时，树木会延迟开花或发芽，以躲过低温伤害。遇到这样的时候，农民们也会根据某类树木的开花发芽时间来安排相应的农事活动，这就是物候知识的用处。

2. 农业与物候历

物候知识的积累，逐渐形成了以物候为标志的记时体系——物候历。这种历

法的特点是以特定物候现象的出现为一年或某月的开始。这种历法比较粗疏，月无定日，比如把燕子初来的日子定为春分，但是燕子迁飞常因当年的气温条件而前后波动，尽管这种波动大都在一定的时间范围之内。

物候历的特点之一是与农事活动密切结合，故又可称为农事物候历。由于天气的寒暑、草木的枯荣、鸟兽的出没都是受地球绕太阳公转规律所支配，所以物候历本质上是一种太阳历。我国一些少数民族史料表明，在历法发展史上，物候历的出现早于观察天象变化的天文历。后来天文历出现了，但原始时代的物候指时的经验仍被继承下来，并有所发展。我们今天经常可以见到的基于物候变化的农谚，就是这种物候指时经验的发展与运用。

我国现存最早的历书《夏小正》(图 1-27)，流传到今天的只有 463 字，但它讲到物候的便有 60 条。其中，动物类物候 37 条，植物类物候 18 条，非生物类物候 15 条。这些物候里，动物方面涉及 11 种兽类、12 种鸟类、11 种虫类和 4 种鱼类，植物方面涉及到 12 种草本植物、6 种木本植物，非生物方面涉及的物候有风、雨、旱、冻等气象。由此可见，3 000 年前，我们的祖先已经积累了丰富的物候知识。



图 1-27　最早记载物候历的《夏小正》[R]

农事历法与物候指时被列为中国古代在农业生产上的重大发明之一。

天象学知识

1. 阴阳结合的二十四节气

随着物候历的产生和完善，我国古代逐渐形成了具有中国文化特点的天文历。相传原始社会晚期已经有了天文历的萌芽，黄帝时“迎日推策”，颛顼(音“专需”)时“载时以象天，数法日月星辰，敬授民时”，等等。这些传说说明，在黄帝时，我国就已根据日、月的出没来定“时”即季节了。

在甲骨文中，我们今天仍在使用的六十甲子纪年法即天干地支法，已经形成。相传大禹时代曾“颁夏时于邦国”。到春秋时代，还有“行夏之时”的说法。就连孔夫子也说过“吾得夏时焉”。可见，我国最古老的由政府颁布的历法在夏代已经诞生了。

《夏小正》中，一年明确分为十二个月。每个月都以一定的明显的星象出没来表示节候，还标明当月的主要农事活动。这说明历法的出现，一开始就是为农业生产服务的。虽然《夏小正》中的十二月分法，还不能确定是太阳历，但是既然是

以星象出没来划分，那么一年的十二个月就不可能完全根据月亮的圆缺来决定。也就是说，《夏小正》的历法中必定有闰月的存在，只不过书中没有明确指明罢了。在甲骨文中，已有“十三月”的记载，这大概就是后来的闰月了。

闰月的出现，是历法上阴阳合历的主要标志，它不仅考虑到地球与月球的关系，而且进一步考虑到地球同太阳的关系。这样可避免历法与时令的误差，使之更符合季节交替，从而更符合农业生产的需要。

我国古代文献记载了二十四节气的产生、演变和定型的过程。在公元前 8 世纪，位于北半球的古人观察到了一年中白昼最短的日子和最长的日子，分别称为“日南至”和“日北至”，确定了冬至和夏至的天文位点。公元前 3 世纪写作的《吕氏春秋》，把月亮围绕地球公转的“月亮历”和地球围绕太阳公转的“太阳历”整合到一个历法体系中，形成了独特的“阴阳历”。它划分出了立春、春分、立夏、夏至、立秋、秋分、立冬、冬至等 8 个最具有季节变化标志性的节气。公元前 104 年，历法学家邓平在《太初历》中，将黄道 0°定为春分点，将地球绕太阳公转一周年的轨道，平均划分为 24 个节点，在此前已知的 8 个节气之间，增加了雨水、惊蛰、清明、谷雨、小满、芒种、小暑、大暑、处暑、白露、寒露、霜降、小雪、大雪、小寒、大寒。至此，被称为“中国农业历”的二十四节气完整定型，成为古代历法体系的组成部分。

总之，二十四节气的创立经历了一个漫长的过程：首先根据观察太阳的视运动确定能反映季节变化的相关时点，确定“标准时”黄道刻度；然后在这个刻度的相邻时点之间增加其他的时点，最终形成完整的二十四节气。

《尚书・尧典》记载，帝尧命令羲仲、羲叔、和仲、和叔在东、南、西、北四方的某个地方迎候太阳的出入，以此来确定春种、夏耕、秋收以及冬藏等农事活动的安排。据此可知，当时已有日影的观测。观测的标杆可能是宫室外的旌旗竖杆或者楼台，甚至大至山峰倒影，小至映照入窗的日影，都可以成为观测的对象。这就是后世圭表和日晷的雏形。

非常有意思的是，二十四节气是中国古代将“月亮历”和“太阳历”结合起来，并经过复杂的天体运行的计算而形成的一部独特的“阴阳合历”，并且以 12 种动物（鼠、牛、虎、兔、龙、蛇、马、羊、猴、鸡、狗、猪）来纪年，这与起源于古希腊的黄道十二宫、用不同的动物命名十二星座具有异曲同工之妙，说明人类的创造力是可以在不同的文化背景中实现殊途同归的。

2. 星象观测与农业生产

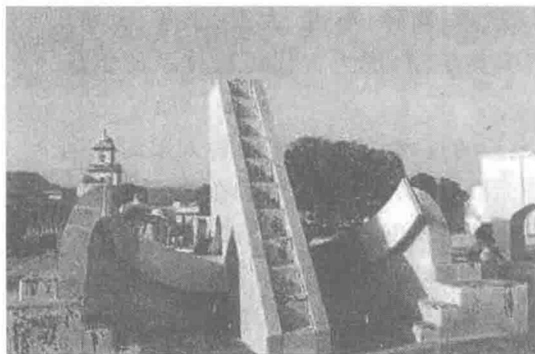
早在春秋战国时代，我国的星象占卜家甘德、石申、巫咸等，分别建立了各自的星官图系。到三国时代，吴国的太史令陈卓，综合前人的星象星官成果，编撰成

283 官 1 464 颗恒星的星表，并绘制成星图。可惜这个浩繁的星图早已散佚不传。魏晋以后，我国的星区划分体系日臻成熟，传承千年而不衰。这其中最重要的星官是三垣四象二十八宿。

三垣即紫微垣、太微垣、天市垣。每垣都是一个比较大的天区，内含若干星官。各垣都有东、西两藩的星，左右环列，其形如墙垣，故曰为"垣"。

四象即苍龙、玄武、白虎、朱雀的统称。二十八星宿是将星空按东、南、西、北四个方位划分为四部分，每一部分包含七个星宿，并根据各部分中的七个星宿组成的形状，用四种与之相象的动物命名这四个部分，故称四象，有时也称四陆或四维。东方七宿如同飞舞在春夏夜空的巨龙，故称东官苍龙；南方七宿像寒冬早春翱翔天空的朱雀，故称南官朱雀；西方七宿在深秋初冬出现如猛虎跃腾，故称西官白虎；北方七宿似夏秋夜空的蛇龟同体的灵物，故称北官玄武。

世界各文明古国都有自己的天文学知识和历法，而且都与农事活动有着密切关系，图 1-28 是印度德里的古天文台。上文已经说到，我国古史传说，黄帝时代已经有历法，其后的颛顼时代设了"火正"占卜巫师。这个火正是专门负责观测"大火"星的天文官，实际作用是农事预报官，因为根据现代天文学推算，大约在公元前 25 世纪时，"大火"星恰好是在春分前后的黄昏时出现在东方地平线上，预示着春播季节的到来。《史记》记载，颛顼之后，氏族混战，对大火星的观察停止了一段时期，到帝尧时复设羲和之官，恢复火正的职能。没有早春的劝农耕种的预报，会影响农业收成，威胁国家安定。


图 1-28　印度德里的古天文台 [F]

生物学知识

人类最初的生物学知识来自采集和狩猎活动，是为了解决什么样的动植物可以供食用，哪些动植物有毒，会伤害人。这些实用的生物学知识需要记取和传承，让后代也能取食或者规避。有个学者把非洲的原始部落日常食用的植物（包括部分栽培植物及大量野生采集植物）汇编成一个《非洲食用植物表》，它包含了 1 400 种以上的植物种类或不同的品系，其中禾本科约 60 种，豆科约 50 种，块根、块茎约 90 种，油料植物约 60 种，果实及核果类超过 550 种，蔬菜及香料植物超过 600 种。这 1 400 多种食用植物，涉及大量的生长形态、品质特征以及适宜环境等知

识。由此可知，远古人类的植物学知识和对植物的鉴别能力已经达到了很高的程度。

1. 植物学知识

植物是人类的生活之源，衣食住行都离不开植物的供给。因此，原始人在植物的识别和选择方面的知识和技能远比我们想象的要丰富得多。

首先，在食用方面，需要准确识别植物是否有毒，这关系到生死健康，因此是至为重要的知识。有时候，虽然某些植物有毒或者口感不好，但是经过一定的处理后仍可食用或者使之变得美味可口，比如加以晾晒、烘烤、浸泡、放置后熟等，有些有毒植物就可以食用。

其次，对有剧毒的植物也并非一概弃而不用，古人会取其汁液制作含毒的箭头，或者直接用来毒死野兽和溪流的鱼虾以便食用。此外，还需识别哪些植物可以用来治病疗伤，防蚊防虫叮咬，等等。

衣用也是古人利用植物的方式之一。原始人在未曾穿着衣服以前，已经知道使用纤维性好的植物叶片围身裹体，用以保暖和遮羞。有时也会使用植物纤维编织裙带饰品之类。

从近代民族学田野调查资料中知道，一些尚处于游牧形态的民族部落里，还有以天然彩色植物的汁液染色的习俗，包括染纤维饰物、衣物，染肢体、毛发，以及染日常用具等。这种天然的植物染料，色彩艳丽，不伤肌肤。

这些用途涉及大量的植物及其可利用的部位，比如根、茎、叶、花、果、种子等，有关的知识和技能的获得需要经过长期的观察、尝试、鉴别和积累。

中国古代的“神农氏尝百草，一日而遇七十二毒”的传说，一定程度上反映了原始农业时代人们识别各种植物的艰苦过程。但是，不能把“尝百草”理解为某个人的单独行为，也非某个氏族的单独行为，而是远古人类在漫长的采集活动中都曾经历的阶段。这些识别植物的感性知识跟着他们的口头语言一代一代留传，有文字以后又通过文字记述保留下来。

2. 动物学知识

在动物的知识方面，原始狩猎民族的知识也非常丰富。打猎必备的条件有二，一是打猎工具投枪、弓箭、弩以及有地区特色的飞去来器、吹箭筒等，二是猎人倚为左右手的猎犬(草原还有鹰)。猎人对猎犬的训练便是建立在生物学知识的基础上。猎犬的嗅觉灵敏，可以及早发现野兽的踪迹，在野兽负伤以后，能快速追捕猎物；在野兽与人搏斗时，又能及时去咬野兽，使人不致受伤，但这要经过训练才能实现。

古人的狩猎技术代代相传，孩子们从狩猎游戏和亲身参与的狩猎实践中学习

狩猎技术。

鱼也是先民的捕捉对象。夏季天气转热，河里的鱼群会游到水温较凉的上游，此时先民们会摇着小船在这里手拿鱼叉等候。图 1-29 是原始捕鱼图。

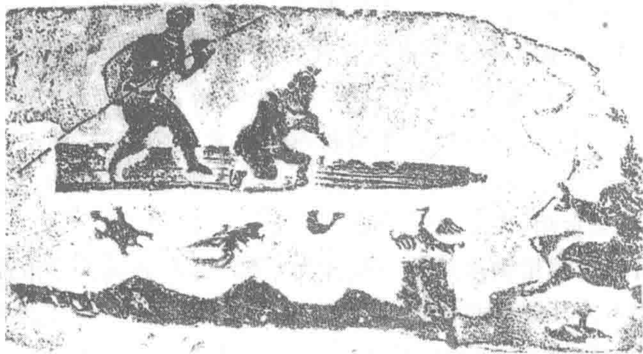


图 1-29 原始捕鱼图［R］

原始人对于动植物知识的认知和积累，逐渐成为各自民族后来的农业文化的基础，由此逐渐衍生出以农耕为主的民族、以畜牧为主的民族，以及农牧交混而居的过渡地带的民族。



上　篇

古代农业



一、世界上古的农业文明



（公元前50世纪—公元5世纪）

世界古代史通常分为“世界上古史”和“世界中古史”两个时段。上古史大致始于出现最早城邦的公元前5000年前后，下至西罗马灭亡的公元5世纪末。虽然长达55个世纪，但是早期人类文明的演变很慢。

我们在原始农业篇中已经说到，世界上的农业起源大致都发生在距今1万年前后，此后经历了漫长的文明初创期。大约到公元前4000年前后，在世界范围内，逐渐形成了以“大河文明”为代表的农业文明中心。底格里斯河和幼发拉底河、尼罗河、黄河和长江、印度河和恒河，几乎同时成为孕育人类农业文明的母亲河。此外，围绕大河文明的周边地区，先后出现了南欧的半岛农业文明、欧亚腹地的草原农牧文明，以及非洲撒哈拉沙漠的绿洲农业文明，还有远离亚欧大陆的南美玛雅文明。正是这些星布于世界各地的农业文明，开启了上古时期人类文明的先河。

早期农业文明的出现，为人们的生存繁衍提供了丰裕的生活物质保障，并为文明积累奠定了基石。随着农业的发展和进步，从血缘氏族进入了地缘氏族的社会。再后来，农业领域扩展，经济交换增多，在若干个地缘氏族的基础上形成了国家。

古巴比伦农业

流淌于亚洲西南部的幼发拉底河和底格里斯河，都发源于今天的土耳其的托鲁斯山脉，从西北流向东南，最后合流而注入波斯湾。两河流域的主要部分都在今天的伊拉克共和国境内。古希腊人把这两条并行的大河冲积而成的大平原称为“美索不达米亚”，语意即为“两河之间”；平原南部称“巴比伦尼亚”，北部称“亚述”；南部的巴比伦尼亚再分为南北两部分，北部为阿卡德，南部为苏美尔。

居住在平原最南端的苏美尔人是古代两河文明的先驱者，也是人类文明的先

驱。因此，历史学家有一个夸张的说法：历史始于苏美尔。



图 2-1　苏美尔人创造的楔形文字［I］

大约在公元前 9000 年，苏美尔人发明了农业。到公元前 5000 年左右，进入了铜石并用的时代。公元前 3500 年左右，苏美尔人创造了楔形文字（图 2-1），对周围地区影响很大，后来的巴比伦、亚述、赫梯、乌拉尔图、叙利亚、古代伊朗都曾使用过这种文字。此外，苏美尔的《吉尔伽美》是迄今所知世界上最早的史诗，对后世影响也很大。两河流域的数学和天文学最为发达，巴比伦发明计数的“十进位法”和计时的“六十进位法”，一直到今天我们还在使用。

公元前 3100 年，苏美尔人进入奴隶社会，农业、畜牧业和手工业有了长足发展。农作物有大麦和小麦，家畜有山羊（图 2-2）、绵羊、牛和驴等，冶炼金、银、铜的技术和制作陶器的技术较为发达。苏美尔人最早发明轮车、木船等运输工具。



图 2-2　苏美尔树叶喂羊浮雕［E］

后来，位于苏美尔北面的阿卡德王国逐渐强大起来，于公元前 1894 年成立巴比伦王国（公元前 1894—前 1594），其第六代王汉谟拉比（约公元前 1792—前 1750 年）统一了两河流域，建立起奴隶制的中央集权国家。为了与后世的新巴比伦王国相区别，历史学家通常把它称为古巴比伦王国。

古巴比伦在汉谟拉比的统治下，农业生产快速发展。在王室经济中心苏美尔地区大力开凿河渠，兴修水利，农业生产条件得到很大改善。除了平原的沟渠灌溉方式之外，古巴比伦人最先发明了扬水装置，以灌溉较高的丘陵台地的农田。特别是，国家对农田灌溉设施的管理和使用已经纳入立法之中。

公元前 2000 年前后，巴比伦的农业生产已从锄耕转向犁耕。用四头牛（或驴）为一组来拉犁，有青铜铸造的巴狄勒犁和淑金犁。还发明了装有播种漏头的播种犁（古代中国称“耧犁”）。土地平整的工具有窄斧、镐和耙等。青铜工具虽已开始使用，但是石器仍被大量使用，是一个铜石并用的时代。

种植的作物以大麦为主，还有二粒小麦、芝麻和豆科植物等；饲养的家畜有山羊、绵羊、牛、驴及猪等；发明了驴拉的木轮车；发明了陶轮，制作出色彩夺目的精美彩陶。

汉谟拉比统治之初汇编成《汉谟拉比法典》，是在继承苏美尔-阿卡德时代的法律的基础上进行了改革。这部法典于1901年在伊朗发现了石柱刻写本，包括序文、条文、结语三部分，共282条，是人类文明中最古老最完整的成文法典。

从这部古老的法典里，我们可以了解到很多农业方面的历史信息。神庙不仅是宗教的祭坛，还是奴隶主政治经济活动的中心。城邦的神庙占有大量土地并参与商业及手工业。法典规定，份地领主拥有对奴隶及其他财产的所有权。拥有自由身份的农民实际耕种的份地已成为私有财产，每年须以收获物的1/10～1/4上缴农业税，此外还须服劳股及兵役。没有份地的农民被称为“纳贡人”，王室领主给这些纳贡人分配份地、农具、牧畜及种子，收获物须大部分上缴王室领主。份地不准买卖抵押，但可世袭使用。古巴比伦王国后期，土地租佃已相当流行。租期一般农田为1年，果园为5年；租率耕地为收成的1/3～1/2，园地则高达2/3。

古巴比伦王国衰落后，西亚的赫梯、地中海东岸的腓尼基各商业城邦，以及巴勒斯坦地区的以色列王国和犹太王国，相继发展起来。公元前8世纪，原本地处两河流域北部的亚述王国第一次征服西亚的大部分地区，建立起版图辽阔的王国。亚述王城位于底格里斯河中游西岸，是古代西亚的交通贸易中心。

到公元前7世纪，亚述成为奴隶制帝国，并且第一次用武力把地跨西亚及北非的广大地区统一起来。为稳定这个地域辽阔、民族众多的大王国的社会秩序，统治者把被征服地区的原居民进行互迁安置，使大多数人离开自己的祖籍地，以防备原居民联合反抗。

这一时期，出现一部用苏美尔文字写成的农业月令式的历书，据称这是世界上最早的农业历书。书中记述了从灌溉、耕作、收获到仓储的全过程，并提出了相应的要求和条件。

亚述衰落后，继起的新巴比伦王国（即迦勒底王朝，公元前626—前538年）将两河流域的奴隶制经济推上了较高的水平。这时候，铁器已经普遍使用，生产力水平空前提高，农业剩余不断增加。奴隶主不断加重对奴隶的剥削，社会财富愈益集中于少数祭司及高利贷者手中；奴隶买卖盛行，从事家务劳动的家奴间或可替主人经商。

后来，波斯帝国（公元前538—前330年）兴起，征服了整个西亚、埃及以及其他邻近地区，建立了横跨亚、非、欧的大帝国。

古埃及农业

比“两河文明”晚了1000年，也就是公元前4000年，位于非洲东北部的尼罗

河流域出现了许多城邦式的小国。公元前 3100 年，纳尔迈统一了尼罗河中下游的各城邦小国。尤其是萨那克特建立第三王朝之后，上下埃及的统一得到加强，为经济发展创造了重要条件。

古埃及的农作物包括谷物、经济作物和园艺作物三类。谷物主要是大麦、二粒小麦和小麦（图 2-3），国王常用“大量的大麦和二粒小麦”作为修建陵墓的建筑工人的报酬。经济作物主要是亚麻和纸草，亚麻被用来制作衣服和绳索，纸草用来做鞋子、小船、纸和席子。古埃及人食用的蔬菜主要是洋葱、韭、豆子、小扁豆、大蒜、萝卜、卷心菜、黄瓜和莴苣，水果有枣子、无花果、葡萄、石榴和各种瓜类。

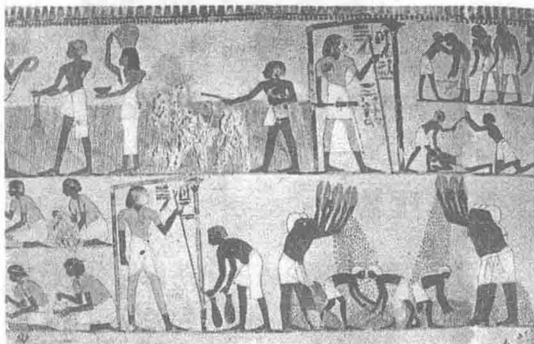


图 2-3　公元前 14 世纪的古埃及麦子加工壁画［Q］

埃及人饲养的动物有牛、山羊、猪和鸡、鸭、鹅等。大约在公元前 1600 年马和驴被从亚洲引进到埃及，骆驼则是更晚些时期才被驯化役用。古埃及的妇女还驯养了蜜蜂，用蜂蜜制作甜点。畜牧业已经相当发达，有的贵族农庄饲养的牲畜达到千头以上。

古代埃及的农具有犁、镰刀、锄头、叉子、铲子、篮子、筛子等。开始役使牛、驴来挽犁拉车，甚至驱使羊群来践踏耕地使播撒的种子陷进土里以防止小鸟偷吃种子。有一种叫沙杜夫的提水工具，类似中国古代的桔槔，可将水从沟槽中引到田地里，为开发高地农业创造了条件。由于在尼罗河上捕鱼的需要，古埃及的造船技术被不断改进和提高。

古埃及的农业生产主要分布于尼罗河的下游平原地带，这里经常被河水泛滥淹没，洪水退去之后，原有的田园地界会被淤泥沉沙所掩埋。为了做到田归其主，逐渐积累了精确的测量、计算和方位确定的知识和技术。另外，为了防止或减少水患灾害，还要求具备天文、气象和天气预测的知识和技术。

古埃及人首先需要掌握尼罗河水泛滥的规律，以此来指导和安排农事活动。要做到这一点，天文学知识就显得异常重要。有所求就必然会有所应，“有求必应”是一切文明进步的原始推动力。因此，古埃及的天文学知识领先于其他古国而最先发展起来。

埃及人在公元前 2200 年建立了世界最早的花园，花园由鱼池、无花果树、石榴树、布满葡萄藤的棚子，以及旁边长满鲜花的道路组成。这表明古埃及时代的


图 2-4 荒凉的石柱见证了古埃及的衰败 [D]

技术已达到很高的水平，因为花园的建设涉及很多学科领域，是一门很复杂的综合技术，包括植物学的品种选育、栽培学的生长控制和植株造型，此外还需要有环境学、建筑学、美学等方面的知识。

公元前 525 年，横跨亚欧大陆的波斯帝国侵占埃及，这是古埃及文明第一次因异族侵占而中断(图 2-4)。

波斯帝国农业

古代波斯帝国起源于伊朗高原，后来，它征服了世界许多地方。伊朗高原四面多山，东部多沙漠，境内无大的河流，只有一些季节性的内陆河，没有通向大海的河流。其西部地区及里海沿岸适于农耕，也是世界上的农业文明发源地之一。大约在公元前 2000 年，伊朗高原来了一支米底人部落，还有一支就是波斯人，后者建立了波斯帝国。波斯帝国继承了苏美尔人的楔形文字。

波斯帝国经过长期的兼并战争，开疆拓土，西至巴比伦，东至阿富汗和印度河流域，边界直接与中国的西部接壤。大约在公元前 6 世纪，波斯帝国控制了希腊和东方之间的海上和陆上贸易。

由于波斯帝国包罗了许多民族，各地的社会经济结构和发展程度参差不齐，不仅有原先巴比伦创立的两河文明、埃及文明、印度河文明以及小亚细亚、叙利亚、巴基斯坦等先进的发达地区，也有处于落后的原始社会、游牧社会的地区，即使是作为战胜者的波斯人和米底人，也都只是从刚刚进入文明阶段的游牧部落转变过来的蛮族。因此，要全面探讨波斯帝国的社会经济状况，需要进入它的领地内的不同地区作不同的分析。

首先，波斯帝国将征服过来的肥沃土地分配给了王族成员、官僚贵族和军事殖民者。例如，王子、王后和埃及的总督，都在埃及和苏撒拥有大量地产，王后甚至还在巴比伦尼亚占有一座王城。军事殖民者即波斯帝国派驻各地的驻军首领，他们分到的地叫“弓的份地”或“马的份地”，持有这种份地的人需要服兵役，如果不服兵役则需纳税。

为王室贵族和官僚等地主耕种的人，分为庄稼人(相当于编户农民)、佃农和农奴。他们通常不是占统治地位的波斯人，而是被征服的埃及人、巴比伦人和吕底人等，他们必须在监督下强制劳动。

总之，波斯征服的地区，基本上都沿袭了原先的社会经济制度。在某种程度

上，波斯当局还为各地的经济发展创造了一些好的条件和环境，如统一铸币、修建驿道、保护过往商旅、发展过境贸易等（图 2-5）。


图 2-5　波斯人宴客图，长途跋涉的商旅停歇之所 [N]

波斯帝国在客观上促进了亚欧东西方的经济文化交流，尤其是当时的东亚地区与欧洲地区的交流。在波斯帝国后期，出现了来自中国的丝绸，它是早期丝绸之路的开拓者之一。公元前 330 年，波斯帝国被亚历山大所灭。

古希腊农业

古希腊立国，又比古埃及晚了两千年。古希腊是指从公元前 11 世纪至前 1 世纪，在巴尔干半岛南部、爱琴海诸岛屿及小亚细亚沿岸建立的一个王国（图 2-6）。


图 2-6　爱琴海克里特岛上的残垣断柱述说着当年古希腊的辉煌 [G]

古希腊人的祖先是生活于巴尔干半岛的游牧民族，自称赫楞人。他们向隔海相望的爱琴人学习当时的先进农业技术和文明成果，实现了跨越式的发展。最终这些具备强大后发优势的赫楞人把自己的老师爱琴人赶出了爱琴海岛屿，接着又将附近的克诺索斯夷为平地。公元前 10 世纪中期，赫楞人初次登上历史舞台，不久就成为了整个巴尔干半岛、爱琴海诸岛以及小亚细亚沿岸的无可争议的主人。

古希腊的荷马时代，是指公元前 11—前 9 世纪古代希腊氏族制度解体的历史阶段。因有关这时期的记载主要来自荷马史诗，故称荷马时代。

荷马时代的残酷战争摧毁了占领地原有的城市、宫殿、文字以及经济组织、官僚机构、典章制度等文明成果，但是跃升为新霸主的赫楞人很快在废墟上恢复了社会经济秩序。他们掌握了冶铁技术，开始普遍使用铁器。这时候的铁制农具有犁、锄、铲和镰刀等。大型的铁犁用两头牛牵引，类似中国古代北方地区的“二牛抬扛”。由于使用二牛大犁，劳动效率大大提高，耕地每年可耕翻两三遍。土地耕作已经实行深耕细作。为了恢复地力，通常采用轮流休闲的二圃制。

古希腊早期，农业以谷物为主，种植大麦、硬粒小麦和少量的稷。90%的谷物产量来自大麦。立国不久，由于人口增加，需求增大，粮食产量供应不能满足社会需要，这也是古希腊一直奉行对外扩展殖民地的原因。

蔬菜有卷心菜、洋葱、大蒜、小扁豆、鸡豌豆、豆类等。果树除葡萄和橄榄外，还有杏仁、石榴。古希腊也种植药草，如鼠尾草、薄荷、百里香等，还有油籽植物如亚麻子、芝麻、罂粟等。

荷马史诗中，经常提到畜牧业，拥有牛羊被视为权力和财富的象征。山羊和绵羊是最常见的牲畜，提供肉类、羊毛和奶。此外，古希腊农民还饲养猪及鸡和鹅等家禽。牛和驴通常用来拉犁挽车，偶尔用于祭祀。大多数农民都会饲养少量牲畜，兼营农牧业；有一些则专事畜牧。需要特别提到的是，养马在当时是很奢侈的行为，它通常是贵族们的专享。古希腊人也养蜂，并生产蜂蜜酒。

从农业地理的角度看，希腊的土地适合种植橄榄树。橄榄种植园是一项长期投资，因为橄榄树一般需要十多年才能达到盛果期，而且常常出现大小年。希腊的土壤也适合种植葡萄，因此希腊自古就是葡萄和橄榄主产区。每年深秋的采收季节，农民徒手或用木棒采摘橄榄，将橄榄放在柳条篮中发酵几个星期，然后榨油。橄榄油保存在赤土陶器内，供全年食用。

古希腊实行两年轮耕制：一年休耕，一年耕种。有的地方也有三圃制，第三年用于种豆科植物，这种植物能够吸收空气中的氮，因此能够提高土壤肥力。古希腊人不施用动物粪肥，可能是因为家畜还没有圈养，没有形成畜栏厩肥的缘故。

夏季的6月是麦收季节，农民收割麦穗。在麦场上用牛、驴或骡子践踏脱粒，然后扬除稃秕碎屑，储存在陶罐里。通常由妇女或奴隶磨制面粉和制作面包。

秋季是葡萄的收获季节。葡萄放在陶缸里捣碎，然后发酵成葡萄酒。

古代希腊与我国春秋战国时代同期，但是在兴修水利工程方面不能与我国同日而语。他们只有一些相当于我国农村的小沟渠之类的初级农田灌溉设施。总的来看，荷马时代近4个世纪的岁月，农业技术没有大的进步。直至后来的罗马人带来了水磨坊，水力才用于粮食加工。

城邦形成时期，农业是最主要的生产部门。公元前8世纪的《田功农时》叙事诗记叙，当时氏族社会已经解体，作为主要生产资料的土地，只有公民才有权占有，多数城邦中的公民仍从事农业生产。

铁制的犁铧、锄、锹等农具得到推广普及，从而使贫瘠多山的希腊土地得以成片开垦和深耕，谷物的种植面积进一步扩大。但因人口增加与土地不足，所产谷物仍不能满足需要，因而又通过对外贸易用葡萄酒、橄榄油及其他手工业品换取粮食。随着与外界接触增多希腊不断向外扩张，在西地中海及黑海沿岸又建立了

一批新的殖民城邦。

在城邦发展与衰落的这一阶段，希腊人耕种和开垦的土地有所扩大。从色诺芬的著作和赫西奥德的长诗中可以看到，虽然犁的形制很少变化，谷物的收割还是用镰刀摘穗，脱粒依然是用牛来踩，但是生产技术仍有一定提高。例如，已推行蔬菜与谷物的轮作制，休闲制农业逐渐退出历史舞台；在陡峭的山坡上修筑梯田；用沟渠引水来浇灌旱地；以掺土和换土的方法来改良土壤；使用硝石、草木灰及人畜粪尿来肥田等。

公元前 884 年，古希腊爆发战争，各地战火连绵，农业欠收。古希腊人民是热爱和平、热爱生活、热爱体育运动的民族，即使在发生战争的岁月，也依然在战争的间隙开展体育赛事。为了满足人民开展体育活动的愿望，伊利斯城邦的国王联络其他邻近几个城邦的国王，达成了在运动会举办年实行“神圣休战日”的协约，以便国民前往奥林匹亚参加运动会。公元前 776 年的运动会，第一次用文字记录下获奖运动员的名字，这就是后人所说的第一届古希腊运动会。

可是，让乐观的希腊人意想不到的是，自己北面的同族邻国马其顿，农业经济日益发展，开始形成奴隶制国家。公元前 338 年，希腊在与马其顿的战争中败北，从此，多数希腊城邦成为马其顿统治下的自治单位。公元前 2 世纪中期，整个希腊被并入罗马版图。

古罗马农业

古罗马从意大利半岛中部的台伯河畔兴起，后发展成为横跨欧、亚、非三大洲的庞大帝国。古罗马可以称为古代文明的后起之秀，因为它在早期文明的一千多年后才缓缓登场。可是它一出现就非同凡响，很快把世界原有的格局和秩序搅得天翻地覆。古罗马先后经历了王政时代（公元前 8—前 6 世纪）、共和时代（公元前 509—前 27）及帝国时代（公元前 27—公元 476）三个阶段。

王政时代初期，氏族公社趋于瓦解，但土地仍归氏族共同分配使用。在家长奴隶制阶段，奴隶被视同家庭成员，但受到奴隶主的管制和剥削。富有的氏族成员成为贵族，能攫取氏族的更多土地与财富。被征服的居民，处于氏族以外的无权地位，只占有少部分土地或向贵族租地。

自公元前 510 年建立起贵族专政的罗马共和国，土地占有一直是平民与贵族斗争的焦点。罗马在经历多次战争统一意大利的过程中，将占领区大量土地改成“公地”。公元前 367 年通过了“李锡尼-塞克斯图法案”，法案规定，全体公民都可占有和使用“公地”，只有成为公民才有权占有或参与其分配，但占有的最高限额不能超过 500 犹格（1 犹格相当于 1/4 公顷）。共和时代后期，罗马经过战争扩

张，逐渐成为东起小亚细亚、西抵地中海的世界霸主。大量战俘变为奴隶，为农业及手工业生产增加了大量劳动力，于是各地富豪不停地兼并土地，建立起许多奴隶制大农场和手工作坊。

到公元1世纪时，罗马从共和国变成军事独裁的帝国。帝国维持了将近200年的统治，这时经济发展，贸易繁盛。但貌似天下无敌的帝国也逃不脱盛极而衰的宿命，公元395年古罗马帝国分裂为东西两个独立政权。5世纪初，日耳曼人入侵，西罗马成为傀儡政权；476年，日耳曼人雇佣兵首领废黜了西罗马帝国的皇帝，西罗马灭亡，这一年不幸成为后代历史学家公认的世界上古史的终结年份。东罗马帝国（又称拜占庭帝国）于7世纪演化为封建制国家。

古罗马的农业生产以奴隶制为主，此外还存在平民和佃农，他们在农业生产中的地位与作用各不相同。破产的小农或沦为债务奴隶，或成为流氓无产者，也有的变为承租土地的佃耕农户。在帝国初期，从事农业生产的主要是奴隶和佃农。

农业是罗马的基本经济部门。共和前期在征服意大利的进程中，半岛中部的拉丁姆平原及其他适于耕种的地区已普遍种植谷物、蔬菜，丘陵坡地则种植葡萄等果树，亚平宁山区放牧羊等牲畜。共和后期，当罗马已成为囊括地中海沿岸的大国时，则在新设置的行省掠取粮食，通过贩运来供应意大利各城市。有了稳定的粮源供应，意大利半岛上的谷物种植逐步减少，代之而起的是市场需求大、获利多的果树、蔬菜的种植。新领地高卢、爱琴海诸岛及西班牙等地区，传统上盛产葡萄、橄榄，是罗马的葡萄酒及橄榄油（图2-7）的主要供应地。


图2-7　罗马时代的榨油坊遗址［F］

此外，为满足权贵豪强的奢靡生活需要，罗马的种植业和养殖业都获得长足进步，代表了那个时代的世界先进水平。例如，形成了家禽集中饲养的专门技术，出现了养鸟棚、养鸡场、鱼池、猎场等设施。加图在他的《农业志》中，曾把意大利的农庄分为七类，依次为葡萄园、菜园、柳树园、橄榄园、牧场、谷物园和森林。为能获利，农庄要少买多卖，位置以交通方便、邻近城市处为佳。意大利南部及西西里也有面积超过1 000犹格（250公顷）的大牧场，夏季把牲畜赶进山区放牧，冬季在平原饲喂。但在帝国后期，因种植业萎缩，农民弃耕后形成大片荒地，不少农庄改成牧场，畜牧业畸形发展。

古罗马时期种植的农作物，主要有小麦、大麦和少量黑麦。燕麦是后来才引

进种植的。豆类有豌豆、蚕豆等。蔬菜有蔓菁、卷心菜、羽扇豆等。果树有葡萄、橄榄及无花果等。此外还有胡麻等油料作物和红三叶、苜蓿等牧草。

施用的肥料以动物粪尿为主，也有用草木灰和绿肥的。施肥多限于两年耕作期内，恢复地力的休耕年则让杂草自长。

主要农具是一种只有犁铧的轻型犁，这种犁只能松土，不能耕翻，属于比较原始的一种犁，一般用两头公牛牵引。耕作一般在收割后、春播前及休闲期中进行三次。适应气候及土壤的特点，以浅耕松土为主，以便减少水分蒸发。耕地形成长、宽各 120 码，面积约为 1/3 英亩的“方形耕地”。犁耕之后要用锄碎土，再把种子撒下。田间管理主要是除草、培土。通常谷类需除草中耕两次，豆类三次，而蔓菁有时多达五次。

谷类收割时使用镰刀，其形制与今相近，操作上则大多从穗部摘取。根据普林尼在《博物志》中的记载，在高卢南部的平坦地区，还曾使用过由一头公牛推动的带轮割谷器。收割后摊在脱谷场上，用牛、马直接践踏来脱粒。

劳动生产率是一人两牛的犁耕每天大体能耕 5/3 犹格；收割时每一犹格需工：小麦为 2/3 个，大麦、豆类是 1 个，亚麻则要 3 个。耕作制主要是休闲轮作的“二圃制”。地中海沿岸是年雨量约为 500 毫米的冬雨地区，小麦在 10 月秋播，次年 6 月收获，休闲之后越冬，再按春耕秋种来轮种。地中海沿岸及高卢等地都适于种植葡萄及橄榄，加工后制作的葡萄酒及橄榄油又是能赚取厚利的商品，成为罗马财政的主要来源，因而从公元前 2 世纪起，改变其自生自长的野生状态，建立果园加以集约管理。在此过程中，通过育苗、栽插和嫁接等技术，改良并培育出许多新的品种，管理上也探索出修剪、压条及施肥的新方法，提高了产量及品质。据加图的记述，葡萄园应在较湿润的地方，面积如为 100 犹格，管理上不能少于 16 名奴隶；橄榄园宜在较为干燥的处所，如面积为 240 犹格，同时还放牧饲养 100 头羊，则用 13 名奴隶。

古罗马饲养的家畜有牛、马、驴等役畜和猪、羊等小家畜（图 2-8）。公牛用来耕地，马是供贵族战争或狩猎时骑乘的，猪、牛主要充做肉食，而山羊及绵羊还提供主要衣着原料皮毛。除了羊是放牧，其他多已陆续改用舍饲，饲料用大麦、苜蓿及干草等。羊群放牧时，白天可以把分属不同牧主的羊混在一起，晚上再分开由各牧人守



图 2-8　公元 1 世纪的罗马农村，这个老农提着葡萄，牛背驮着一只宰杀了的羊，大概是去赶集出卖［K］


图 2-9 罗马雕塑：牧童和他的小羊 [B]

护自己应管的一群。牧人的选择以机敏健壮的为宜(图 2-9)，从中选出技艺较高的充当牧夫长。对家畜的配种、去势、外形鉴定也都积累了一定知识。如去掉睾丸的骟马由于不再产生精液而变得驯顺，适于运载服役；去势后的阉猪和阉鸡都可缩短育肥期和提高肉的品质。马骡和驴骡都是杂交产物，虽然不会再生育，但都健壮有力。好马的外形应是胸部丰满，腹部大小合适，腰部下倾，肩胛骨宽，腿直对称，宁向里弯而不外屈，膝头圆而小，蹄质坚且硬，尾巴毛多而略弯曲。猪的体型，则以体长头小的受欢迎。在大牲畜的疾病医疗方面，也已了解到很多症状和治疗方法。

由此可以看到，古罗马不愧是西欧文明古国，其古代农业技术所达到的高度，与中华古代农业确是伯仲难分，分别雄领东西风骚几千年。

古印度农业

古印度，中国在西汉时称其为“身毒”，东汉时改称“天竺”，唐代高僧玄奘将其译为“印度”。印度的远古文明直到 1922 年才被发现，渐为世人所知，说起来有些让人唏嘘不已：一个国家的文明史被埋没长达 4 000 年，竟连这个民族自己都浑然不知！由于它的遗址首先在印度哈拉巴地区被发掘出来，所以通常称古印度文明为“哈拉巴文化”；又由于它主要集中在印度河流域，所以也称为“印度河文明”。古印度与古埃及、古巴比伦、古代中国并列共享“世界四大文明古国”的美誉。

公元前 2500—前 1500 年，位于南亚次大陆地区的达罗毗荼人创造了哈拉巴文化。就地理范围而言，古印度不仅包括今天的印度，而是指包括印度、巴基斯坦、孟加拉、不丹、尼泊尔等在内的整个南亚次大陆。

哈拉巴文化以南部的摩亨佐·达罗和北部的哈拉巴为中心，它是古代印度青铜时代的文化，代表了一种城市文明。它出现在公元前 3000 年到公元前 1750 年，鼎盛时期约为公元前 2300 年到公元前 2000 年。

哈拉巴文化的主要经济部门是农业，栽种的作物有水稻、大麦、小麦、稗、豆类、棉花、胡麻、甜瓜、椰枣及其他果品。当时，人们已经驯养水牛、黄牛、山羊、绵羊、猪、狗、骆驼、大象和各种家禽。

哈拉巴文化遗址中出土了大量铜器，这表明古印度人已经掌握了对金、银等

金属的冶炼加工技术，当时人们已经制作出铜和青铜的工具和武器。农业生产上处于铜石并用阶段，木石农具还在大量使用，如翻地用的鹤嘴锄和镰刀已有青铜制作的，而带有燧石头的轻犁及木制的犁、掘棒等也都见于生产使用。

从出土的各种美妙绝伦的手工艺品和奢侈品中可见当时工匠的精巧技艺。制陶和纺织是哈拉巴文化的两个重要部门，染缸的发现表明当时已掌握纺织品染色的技术。车船制造业等也高度发达。城市的繁荣使哈拉巴的商业盛极一时。大量古迹遗址的发掘充分证明了哈拉巴与伊朗、中亚、两河流域、阿富汗，甚至缅甸和中国都有贸易往来(图 2-10)。


图 2-10　古印度哈拉巴洛萨港复原图 [K]

哈拉巴文化延续了几百年之后逐渐衰落，于公元前 18 世纪突然消亡。这个历史变局与哈拉巴文化后期从印度西北方入侵的游牧民族雅利安人的不断进犯有着直接的关系。雅利安人的老家可能在中亚或高加索一带，他们过着半牧半农的生活，社会组织处于军事民主制阶段(图 2-11)。


图 2-11　雅利安人的战神 [N]

雅利安人入侵初期，仍然从事畜牧业，不久接受了印度河的农业文明，发展种植业。他们用牛拉木犁耕地，收获时则使用金属镰刀，靠河水自流灌溉。公元前 1000 年前后，恒河流域开始使用铁器农具，农业和手工业得到较快发展。古印度最重要的成就是发明了十个数字符号(0 最初以黑点表示)和十进位记数法，这种记数法为中亚地区许多民族所采用，后来阿拉伯人对十个数字略加修改后又传到欧洲，逐渐演变为现今全世界通用的“阿拉伯数字”。公元前 6 世纪，古印度产生了佛教，先后传入中国、朝鲜和日本。

经过长时期的兼并战争，公元前 4 世纪雅利安人在南部的恒河流域建立了以摩揭陀为中心的笈多王朝，并逐渐发展成统治印度全境的强大封建帝国。

世界其他地区的早期农业

除了中国的古代农业将留待后文专门叙述之外，我们在前文已经对世界上古时期文明大国的农业概况作了简略叙述。在当时的地球上，当然不止只有这几个

文明古国。非核心文化区的农业，同样也对人类早期的农业文明进步作出了独特的贡献。因此，我们在这里一并集中向读者作一个介绍。它们包括安那托利亚半岛和伊朗高原的旱地农业、欧亚内陆草原的上古农牧业、撒哈拉沙漠的古代绿洲农业和神秘的南美洲古玛雅文明的农业等。

尽管我们增加了这么多地区，读者们仍然没有看到现今那些发达国家进入我们的历史话语之中。也就是说，当今国际舞台上举着麦克风占有话语权的国家，都没有对人类早期文明作出过杰出贡献。历史告诉我们，没有一个民族、一个国家能够长盛不衰、能够永远站在舞台上。历史有兴盛、有衰亡，更有中兴和复兴。

1. 安那托利亚半岛和伊朗高原的旱地农业

安那托利亚（Anatolia，又称小亚细亚，今土耳其境内）的希腊语意为“日出”或“东方”。公元前 3000 年已居住着原始赫梯人。公元前 21 世纪初，属于印欧语系的赫梯人在安那托利亚建立了许多城邦国家。公元前 19 世纪亚述入侵，成为亚述殖民地。殖民者向土著居民征收赋税，并强令为其服各种劳役。公元前 14 世纪，以哈图斯为首都建立赫梯帝国（约公元前 1380—前 1230），帝国内部由许多相互混合的部落组成，统治机构是适应对外扩张的军事联合组织。


图 2-12　赫梯国王［D］

赫梯帝国建立后，农业生产力有较大发展。当时的农具还处在铜石混用阶段，农民多用石犁耕地。不久出现了用青铜制作的犁和镰刀。公元前 1500 年左右发明了冶铁，包括铁犁在内的铁制工具随即推广应用。全国土地大部分由国王（图 2-12）和祭司占有，寺庙经济名义上属全体自由民，实际上已转化成国王财产，权贵及军官也占有大量土地。农村公社已由父系家庭构成，土地原则上不分割，称“全份地”。公社成员在全份地内保有可定期使用的单独份地。公元前 15 世纪末至前 14 世纪初汇编的《赫梯法典》，已允许土地买卖，并保护土地私有权。法典规定对侵犯别人土地、在别人土地上播种者处以死刑，对盗窃或杀害牲畜的要判交罚金，严加惩办。

另一个城邦国家腓尼基（Phoenicia），大致位于今天叙利亚沿海和黎巴嫩地区。腓尼基在希腊语中意为“紫红色之国”，但是本族的闪米特语中紫红色的发音是“迦南”。因此，在不同的历史叙事语境中，腓尼基和迦南会分别出现，我们只要知道它是一个国家即可。

公元前 31 世纪末，已出现一些腓尼基城邦。各城邦都以港口作为经济和行政中心，虽有国王，但实权由奴隶主推出的城邦长老会议掌握，实行贵族政治。城邦间相互争夺，没有形成统一的局面。腓尼基境内多山，盛产木材，谷地及沿海适

宜园艺业，盛产葡萄、橄榄、椰枣等。此外还特产紫红颜料。从事农业生产的主要劳动者是农村公社成员，也使用奴隶。

腓尼基商人广泛经营海陆贸易，贩运的商品有本地出产的葡萄酒、橄榄油、木材及手工业制品，此外还从事中间贸易并参与贩运奴隶。在海外贸易发展的同时，以建立活动据点为主的海外殖民也随之扩展。以经商为业的腓尼基人，其活动范围除地中海沿岸，向东达到黑海沿岸，往西抵达不列颠(图 2-13)。



图 2-13 位于叙利亚的腓尼基宫殿废墟。腓尼基人以商业而不是武力征服了世界［D］

公元前 21 世纪中期，希伯来人的游牧部落从东方进来，经过和腓尼基长期冲突之后而逐渐融合。希伯来人利用腓尼基的生产经验，在肥沃的河畔或河谷地开始从事农业生产活动。公元前 21 世纪末期，希伯来人的氏族公社转变为农村公社，农民生活在农村公社里，并逐渐产生国家。先是以种植业为主的北方地区形成了以色列王国，随后主要从事畜牧业的南方各部落建立了犹太王国。公元前 9 世纪，铁器已普遍使用。公元前 722 年以色列王国亡于亚述；犹太王国则在公元前 586 年被新巴比伦吞并，之后又臣属于波斯。今天的巴以冲突，可能可以追溯到两千多年前的这次亡国之痛。

2. 撒哈拉沙漠的绿洲农业

撒哈拉沙漠是世界上最大最严酷的沙漠。不过，远古时候，那里的土地并不是荒漠，那时的气候类似于东非，是宜居之地。从 50 万年前开始，就有人类在撒哈拉沙漠边缘地带生活。现今在沙漠地带留存了古人创作的 3 万多幅岩画，其中有一半左右在阿尔及利亚南部的恩阿杰尔高原，描绘的都是河流中的动物，如鳄鱼等。同时也发现过恐龙的化石。但撒哈拉从公元前 3000 年起，除了尼罗河谷和分散在沙漠中的绿洲，就几乎没有大面积的植被了。也就是说，那时候的撒哈拉已经与今天的面貌很相像了。图 2-14 是沙漠中的商旅们在绿洲椰枣树下歇息。



图 2-14 沙漠中的商旅们在绿洲椰枣树下歇息［N］

在毛里塔尼亚、摩洛哥和阿尔及利亚，目前大约还有250万人生活在撒哈拉范围内。他们已经说不清这个大漠的历史。只有撒哈拉沙漠里的岩画，成为回溯历史长河的小船，搭载后人去洞察自然演变的沧桑面容。

以下的段首标题是根据岩画的内容和时代先后杜撰出来的，也许历史真实与我们给出的标题内容毫不相干。这一点需要提醒读者注意。

(1)史前时期。在更新世的前后，撒哈拉当时并不很干燥，是一个广阔的河流冲积平原。这阶段已发现有人类活动迹象，因此取名史前时期。

(2)水牛时期。大约从35000年前—公元前8000年，在阿尔及利亚东南部、乍得和利比亚，草原湖沼上生活着许多野犀牛。一些岩画中人物，戴着圆形盔帽，使用棍棒、石斧，甚至使用弓箭，来猎杀动物。这应该与亚欧大陆的旧石器时代晚期的情况相似。岩画的狩猎场景中均未见画上标枪，说明还没有到发明标枪的新石器时代。

(3)黄牛时期。从公元前7500—4000年，当地居民开始从事游牧生活，放牧牛、羊。有的岩画中可以发现陶器和新石器时代经过打磨加工的石斧、石磨和箭头，以及弓箭。说明处于牧猎并存时期，即从采猎生活转向牧养生活的转型期。年代稍后的画面上依稀看到一些村落的遗迹。

(4)马时期。这是从公元前3000年到公元前700年左右的年代，出现马、骆驼和奶牛。这个信息非常重要，因为这些大家畜都不是在当地驯化过来的，当地没有马、骆驼的野生种，这说明这个大漠与周边的先进地区有着经济交往和商品交换，能够引进并饲养外来的大家畜。撒哈拉人从腓尼基人那里学会锻造和使用铁器，从事农业生产，进入农牧结合的社会。可能在公元前1220年前后，腓尼基人将整个撒哈拉和埃及都纳入了它的横跨欧、亚、非三角地带的大帝国联盟的版图里。

(5)骆驼时期。撒哈拉沙漠历史上最大的变化来源于入侵的阿拉伯人带来的骆驼，它们使贸易往来可以穿越沙漠。北方地中海沿岸的酋长们将马匹和工艺品运到南方，南方的萨赫尔王国由于出口黄金和盐而变得富裕强大。沙漠中的绿洲成为商业中心，逐渐被北方的酋长们控制起来了。

(6)帆船时期。骆驼时期持续了几个世纪，直到欧洲人发明了大帆船。首先是葡萄牙人绕过撒哈拉去掠取几内亚的资源，然后其他欧洲国家也紧跟其后，撒哈拉很快就失去了商业价值。

3.南美洲玛雅文明的农业

历年的考古发掘并没有发现美洲大陆有如亚欧大陆所见的几十万年前的远古人类遗存，说明美洲确实是名副其实的新大陆，印第安人确实是从其他大陆迁

移过去的。到新石器时期，即公元前1万年—前7000年，美洲才开始有人居住。早期的玛雅人面临与古代的罗马人一样的生存环境，如同意大利半岛的南北狭长的岛链。在这种环境条件下，玛雅人的选择也和罗马人如出一辙，即在山丘上修建城市，以节省平原上有限的耕地。

建造了金字塔（图2-15）的玛雅人确是当之无愧的人类文明先驱，他们对农业的贡献巨大。单是玛雅人从野生植物中驯化出来的各类作物，就可以列出一长串的清单。


图2-15 玛雅金字塔［M］

玉米的原产地是墨西哥。玛雅人的圣书记载，早在万年之前，玉米即是印加人、玛雅人和阿芝苔克人的主要食物。在15世纪末哥伦布发现新大陆后，玉米逐渐在全世界传播，目前是世界上第三大粮食作物，是饲料和工业淀粉的主要原料作物。图2-16是印第安人的玉米神。


图2-16 印地安人的玉米神［Q］

马铃薯是现今人类社会的四大粮食作物之一，仅次于水稻、玉米和小麦，原产于安第斯山脉"的的喀喀湖"（Lake Titicaca）地区。大约距今7000年前，玛雅人的一支迁徙到高寒的安第斯山脉，在的的喀喀湖区附近安营扎寨，以狩猎和采集为生，是他们最早发现并驯化栽培了马铃薯。

甘薯原产中南美洲热带地区，如秘鲁、厄瓜多尔一带，是玛雅人最早培育驯化的作物之一。相传哥伦布初见西班牙女王时，曾将由新大陆带回的甘薯献给女王，西班牙水手又将甘薯传至菲律宾。在明朝万历十年（1582年），福建长乐商人陈振龙从当时的西班牙殖民地吕宋携带甘薯回中国。

西红柿，别名番茄、洋柿子，原产秘鲁和墨西哥，最初称之为"狼桃"，是一种生长在森林里的野生浆果。

辣椒，一年或多年生草本植物，原产于南美洲热带地区，明末传入中国。

草莓，为草莓属中最常见的栽培种，原产于南美洲。

菠萝，别名凤梨、黄梨、番梨等，原产于南美洲。

菠萝蜜，又名苞萝、木菠萝、树菠萝等，原产于南美洲的亚马逊河流域。

芸豆，别名菜豆、豆角、四季豆等，原产于南美洲热带地区。

南瓜，别名番瓜、倭瓜，原产于中南美洲，很早以前就传入中国。

西葫芦，原产于南美洲，是南瓜的近缘植物。西葫芦不是瓠瓜，瓠瓜原产于中国。

此外，还有世界三大饮料植物之一的可可，以及后来发现有害健康的烟草和其他芳香性草木，都是玛雅人选育而成后传遍世界的。

上古农牧文明的冲突与融合

我们在前面主要叙述的是关于农耕的文明。农耕与定居相联系，定居又与氏族联盟和国家的产生相联系，然后才有人类的文明积累和进化。但是我们需要指出的是，在文明早期，地球上几个主要的农耕文明形成的时候，更广阔的地域是游牧民族的领地。由于他们多数处于原始半原始的状态，文明程度远远没有达到农耕民族的高度，因此，历史上称这些尚未开化的游牧民族为“蛮族”。

公元前后，也就是距今2000年前后，在亚欧内陆的广大地区生活着众多的游牧民族，他们与当时的农耕民族共生并存，既有平等的农畜产品的交换贸易，也有因资源特别是粮食供求的矛盾而发生的战争，甚至发生惨烈的抢掠和残杀，造成严重的社会动荡，以至于发生短暂的文明倒退。

1. 中国北方的匈奴族

公元前后，世界上势力最强大的游牧民族是匈奴。西汉末年，匈奴分裂为南北两支。公元89年，北匈奴受东汉以及其他游牧民族的多方夹击而于漠北败退，其首领率领整个部族浩荡西迁，且牧且退，一路西行。他们凭借彪悍的蛮力，攻村夺寨，所向披靡。到公元4世纪初，这支北匈奴抵达顿河，击败阿兰人的抵抗后进入欧洲，从此欧洲被扰乱得鸡犬不宁。公元5世纪初，匈奴人占领了今天俄罗斯南部的广大地区，直逼多瑙河。占据此地的日耳曼人中的哥特人无力抵抗，纷纷退入罗马帝国，开始了日耳曼人西迁的浪潮。

留居漠北草原的南匈奴一支，或与鲜卑族融合，或内附汉朝，内迁至今天的甘肃庆阳、内蒙古的河套、晋北、冀北一带。与匈奴一道内迁的游牧民族还有族群较小的氐、羌、羯等。内迁民族后来多数从事农耕，逐渐汉化。

2. 中亚的嚈哒人

嚈哒人的族源至今尚不很清楚，中国史书记载，他们原来居住长城以北，称滑国，是中亚塞种人游牧民族与汉代大月氏人的后裔。古希腊罗马的文献认为他们是匈奴的一支，印度古文献也认为他们就是匈奴人，拜占庭作家称之为“白匈奴”。嚈哒人是古代生活在欧亚大陆的游牧民族。公元4世纪，嚈哒人还是一个小的部落，游牧于阿尔泰山以南、天山以东地区。5世纪，嚈哒人因受当地的柔然人攻

击，溃败而西迁，一直进入中亚的索格底亚那，攻击贵霜的残余势力，迫使贵霜西逃。接着嚈哒人直捣南亚次大陆北部，建立拔底延王国（都城拔底延在今阿富汗马扎里沙里夫），逐渐占领了中亚大片土地。5—6世纪，拔底延势力日益强大，东击柔然，西侵波斯，南掠印度，成为中亚的一个强国。

3.欧洲的日耳曼人

公元前后，罗马帝国北部最强大的力量是日耳曼人，他们起源于今天的斯堪的纳维亚南部。公元1世纪，他们内部分成许多部落集团，势力比较强的有居住在黑海北岸及多瑙河以北的哥特人、奥德河流域的伦巴特人、波罗的海以南的汪达尔人、图林根的勃艮第人、莱茵河中下游的法兰克人，以及丹麦的盎格鲁-撒克逊人等。恺撒征服高卢后，日耳曼人成了罗马人的内邻。公元3世纪初，随着世界性的大动荡的到来，许多日耳曼人加入罗马的军队，成为罗马帝国雇佣兵的主要来源。

游牧民族入主中原与五胡乱华

公元3世纪，世界各地的游牧民族发起了一次对农耕民族的冲击，首当其冲的就是中国的西晋王朝。史称"五胡乱华"的历史事件影响深远，是中国历史上一个剧烈的民族变迁和融合的时段。

"五胡"，指匈奴、鲜卑、羯、羌、氐五个胡人游牧部落联盟。4—5世纪的百余年间，生活在北方地区的游牧民族趁西晋八王之乱建立了非汉族地方政权，从而使中国北方地区进入长期的分裂割据的动乱状态。北方各族及汉人在华北地区建立了数十个强弱不等、大小各异的国家，其中存在时间较长和具有重大影响的有十六国。

这次波及大半个中国、历时一百多年的历史惨剧是由氐族及匈奴族揭开序幕的。从公元304年至439年，在南至淮河，北至阴山，西至葱岭，东至东海，东北至鸭绿江下游以北，西南至澜沧江以东的广大地区，"五胡"相继建立了十六个较大的割据国家：汉（前赵）、成（成汉）、前凉、后赵（魏）、前燕、前秦、后燕、后秦、西秦、后凉、南凉、南燕、西凉、北燕、夏，史称"五胡十六国"。

西罗马的灭亡

当嚈哒人、萨珊波斯人、突厥人在南亚为争夺笈多王国的统治权而兵锋相对时，在地球的另一边，欧洲的西罗马帝国也同样遭到了游牧民族的入侵，它是由从东北亚一路西迁而去的匈奴人发起的。大约在公元374年，匈奴人离开里海西进，攻占盘踞顿河以西的东哥特人的领地，迫其西逃。匈奴人乘胜追击，在德涅斯

特河畔又轻易打败西哥特人。结果就把同属日耳曼族源的东、西哥特人一并赶进了罗马帝国境内,从此揭开了日耳曼人大西迁的历史序幕。进入罗马境内的西哥特人遭到罗马政府的非人虐待,遂于公元 376 年突然发动大规模起义,这使罗马帝国猝不及防,还在人们慌乱不知所措的时候,罗马帝国皇帝瓦伦斯已被起义军俘获杀害。打了胜仗的西哥特人一路攻占希腊、意大利,在罗马城大掠 6 天之后,就挥鞭越过阿尔卑斯山,横扫西班牙。公元 419 年,西哥特人在土鲁斯建立西哥特国,其领土包括西班牙和高卢南部。

匈奴人夺取匈牙利之后,建立了一个庞大的部落联盟。锐气四溢的匈奴人很快逼近君士坦丁堡,迫使东罗马帝国忍辱求和。此后,匈奴人多次集中兵力攻打西罗马,但总是时运不济,无功而返。直到公元 453 年匈奴首领阿拉提抱憾而死,匈奴人依然没有拿下西罗马。

到公元 5 世纪后期,日耳曼人先后占领了高卢、不列颠、西班牙和北非。此时的西罗马只剩下意大利中部和拉温那的一小块地盘。即便如此,这个偏安一隅的西罗马皇帝也只是一个傀儡,因为实际的统治者是日耳曼人指派的守将。公元 475 年,守将奥多亚克废黜西罗马末帝罗慕洛,西罗马灭亡。

公元 3—5 世纪的游牧民族的欧亚大迁移,先后摧毁了中国的西晋、南亚的笈多和欧洲的西罗马等三个疆域广大的帝国,并且重创了萨珊帝国和东罗马帝国。这次重大事件之后,世界改变了原先的版图和走向。中国经历五胡乱华的动乱之后,大批入主中原的少数民族逐渐被汉族文化所同化。民族大融合、大发展的因素在潜移默化中不断增加和强化,为此后的隋唐大一统的创立积累起巨大的历史能量。

但是,欧洲社会却从此走上另一条发展路径。以地中海为中心的西罗马帝国瓦解以后,欧洲从此再也没有统一起来。东罗马帝国最终也没有实现它的统一目标,反而在不断的战争中耗尽国力民心,日暮途穷,日渐衰落。雄心勃勃的法兰克王国,在东征西战中也只是腾挪在西欧的地盘之内,而且不久也在内忧外患中分崩离析。

人类的历史在西罗马的废墟上将出现一个新的文明,一个新的纪元。

二、世界中古的农业文明



（6 世纪—15 世纪）

自西罗马帝国灭亡到文艺复兴运动兴起的近千年时间是世界古代文明的中古时期。由于这是古典文明与欧洲近代文明的中间期，文艺复兴时期的历史学家把这一阶段定名为“中世纪”（Medieval Age），这一名称沿用至今。

在上古时期，除了南欧的巴尔干半岛局部地区外，欧洲大部分地区，包括西欧、北欧和东欧，都与人类早期文明无缘。当北非的尼罗河、西亚的幼发拉底河和底格里斯河、南亚的印度河和恒河、东亚的黄河和长江先后开启了“大河文明”的曙光，甚至中国人的祖先已经写出“关关雎鸠，在河之洲，窈窕淑女，君子好逑”这种意境醇绵的爱情诗篇时，欧洲的大多数蛮族都还处于原始的游牧氏族阶段。

到了古代文明的第二站，也就是从公元 6 世纪初开始的中古时期，欧洲，特别是西欧的两个蛮族王国——法兰克与不列颠的盎格鲁-撒克逊，快速发展起来，与原先的古代文明并驾齐驱。至 11 世纪，欧洲形成了占主导地位的生产方式——封建庄园制。

在农业领域，我们非常遗憾地看到，人类在这个新的一千年里，缺少重大的农业发明创造，缺少引领后世的重大成果。不像前一个时代，随便说起任何一项，都是与人类共生共存的惊天动地的伟大成就，例如培育出小麦、玉米、水稻，驯化了牛、马、羊、猪，等等；哪怕是发明一把锄头、一把镰刀，也让全世界使用了上万年。在中世纪，我们确实举不出几样能够与此相提并论的成果来。

但是，我们也不能就此认同中世纪是“停滞的时代”、“黑暗的时代”的悲观论调。这一千年的农业发展，不是表现在技术或者知识的创新创造上，而是表现在其他的方面：一是农耕区域的扩大，到中古时期结束的 15 世纪末，除了美洲大陆、大洋洲的澳洲和新西兰尚未开发之外，亚洲、欧洲和非洲的所有宜居宜农地区已经全部纳入了文明的体系之中，奠定了世界社会经济的基本版图；二是农业技术伴随封建国家的扩张而得以发生世界性的传播，许多原先只在局部地区使用的先

进农业技术和优良动植物品种得以广泛推广，惠及全世界；三是随着封建制度的普遍建立，克服了阻碍社会经济发展的奴隶制的种种弊端，大大激发了各国农民的生产热情，使这个阶段的生产率比前一个时代有了一定的提高，并为下一阶段的近代文明积聚了足够的发展动能，文明的列车从此驶入快车道。

与上一个文明历程不同的是，中古农业的发展表现出洲际区域整体发展的特点。所以，我们在这一部分的叙述将以大区域为单元，而不再像上一部分那样以文明发生的具体地域为单元。

西欧中古农业

日耳曼人是欧洲主体民族的共同族源。大约在公元交接的年代，他们中的一支居住在罗马帝国北部的广大地区。当时这里还处于原始社会末期的氏族部落阶段，以游牧业为主，少数地方有了原始农业，出现了拥有一定财富的氏族贵族。4—6 世纪初，大批南下的日耳曼人以及斯拉夫人和匈奴人，向罗马帝国境内迁移，史称“民族大迁移”。处于军事民主制阶段的日耳曼人，渴望向外扩张，不断掠夺农耕民族的土地和财富。在这一时期，日耳曼人趁罗马帝国日渐衰落之机，联合当地的奴隶和农奴举行武装起义，占据了罗马帝国的一部分领地，相继成立了一批封建制的国家，如意大利的东哥特、西班牙的西哥特、高卢的法兰克、不列颠的盎格鲁-撒克逊等王国。这些王国后来都发展成强大的封建国家。

1.法兰克的农业经济

法兰克人是日耳曼人的一支。公元前 1 世纪，即塔西陀时代的文献里尚未见到“法兰克人”的称谓。到公元 3 世纪中叶，一个强大的被称为“法兰克人”的部落联盟出现在莱茵河下游。自此，这个族名取意为“自由”的部落联盟在罗马帝国的莱茵河领地里劫掠蹂躏，弄得这个地区鸡犬不宁、动荡不安。4—5 世纪，法兰克人分为两支，一支称海滨法兰克人，或称萨利人，住在莱茵河口附近和索姆河流域；另一支称河滨法兰克人，或称里普阿尔法兰克人，住在科隆附近的莱茵河两岸。

486 年，一支萨利法兰克人由首领克洛维率领南下，一路破关夺隘，攻占了巴黎和卢瓦尔河北部地区，奠定了法兰克王国的疆域基础。公元 6 世纪初，克洛维占领了几乎全部高卢地区，东罗马皇帝此时封克洛维为东罗马高卢执政官，但是克洛维并未受封称臣，而是自立为王，定都巴黎，法兰克王国正式成立。

日耳曼人建立的法兰克王国仍然保留了游牧民族的村社遗习，如山野牧场资源由地缘氏族共同享有等。到 8 世纪初，才逐步进入封建社会。最先的封建制度安排是，把国家的土地按照军功大小等次分封给贵族功臣，即实行领地“采邑制”。

采邑制实际上就是将大片土地连同这片土地上的农民都分配给某个贵族功臣，他获得受封土地上的管辖权、征税权和世袭权。后来，受封的贵族再层层往下分封，于是形成了封地面积大小不等、领主等级参差的复杂的农村土地制度。此外，法兰克王国还推行过一种“特恩权”，即国王承认领主的辖区司法权，这使得领主拥有对农民的审判裁定权力，从此加速了农民的农奴化和依附性。

法兰克王国的封建化过程大约在 9 世纪初定型，农奴制也随之基本定型。领主是土地的所有者，以地租和劳役为剥削农奴的主要手段。农奴没有土地所有权，人身依附于领主，没有移居、婚姻、继承等自由，但占有少量份地和拥有个人积累的部分财产。

经历了一百多年的鼎盛时期之后，843 年 8 月加洛林帝国皇帝路易一世的 3 个儿子在凡尔登(位于今法国东北部)签订《凡尔登条约》，将法兰克王国分裂为三个部分，形成了后来的法国、德国和意大利的国土基础。从此，法国的王权日渐式微，内部矛盾加剧，地方势力趁机割据自立。地方贵族把他们侵占的土地分成若干庄园(图 2-17)，形成许多以庄园为单位的割据领地，自耕而食，自织而衣，俨然是一个个并列的国中之国。这种社会结构不利于商品交换，不利于资源配置，不利于人口流动，对农业生产的负面影响很大。因此，到 14 世纪初，法国的农奴制逐渐解体，农民获得了较多的人身自由，确立了此后几个世纪的小农经济体制，但是农民的租税负担过重，没有发展再生产的劳动剩余，农业经济徘徊于停滞不前的状态。



图 2-17　中世纪法国的庄园［Q］

2. 不列颠的农业经济

另一个与法国并驾齐驱的盎格鲁-萨克逊王国，孤悬在西欧大陆之外的不列颠群岛上。原始时期即有人在岛上定居。在公元前 4000 年左右，陆续有一些地中海游牧民族将大陆文明带入岛内。后来，文明程度更高的莱茵河流域的比克人带来了青铜制造技术，他们与土著不列颠人共同创造了英国早期的历史。公元前 800 年，居住在今天的法国和德国的凯特人又为这个岛屿带来了铁器制造技术，进一步拉近了与世隔绝的不列颠与大陆文明的距离。

公元前 50 年，罗马帝国驻高卢总督恺撒率军入侵不列颠，此后罗马帝国在这里殖民统治 400 余年，422 年才撤离返回大陆。接着，日耳曼人很快填补了罗马人留下的空缺。这些来自丹麦半岛的盎格鲁人、来自易北河下游的萨克逊人和来

自丹麦日德兰半岛的朱特人，都是日耳曼人的分支。他们于449年征服了不列颠。人们统称这批入侵者为盎格鲁-萨克逊人。他们在不列颠岛上相继建立了10个小王国，不久兼并为7个，这是英国历史上的"七国时代"。829年，七国中最强大的威塞克斯王国统一了不列颠，取名英格兰(England)，源自盎格鲁语"Englaland"，意即"盎格鲁人的土地"，这就是英国名称的由来。由此可见，英国这个近代以来大到可以自称"日不落帝国"、可以让全世界每个角落的人都学英语的国家，其实在文明路上只是一个半路冲出来的插队者，晚到中国唐代后期，它才以国家的形态出现在世界上。

在中世纪，英国农业的进步表现在灵活的三圃轮种制和局部连作制，以及农牧结合的生产体制方面。除了通常的犁(图2-18)，英国人还发明了适合当地土壤条件的重犁，需要4头耕畜拉挽。这种重犁能够犁耕黏重的土壤，而且可以深耕，有利于作物生长和丰收。此外，来自东方文明的水车和水力磨辗转传播到了英国，在那里得到推广而普遍使用。传统农业的优良技术源源进入这个新开发的农业地区，并在当地得到改进、更新和创造，使英格兰成为一个繁荣的新垦农区，成为充满生气活力的农业社会，粮食单位产量和总产量都在稳步增长。有一项研究指出，在1450—1650年的200年间，英国的粮食总产量增长了30%。

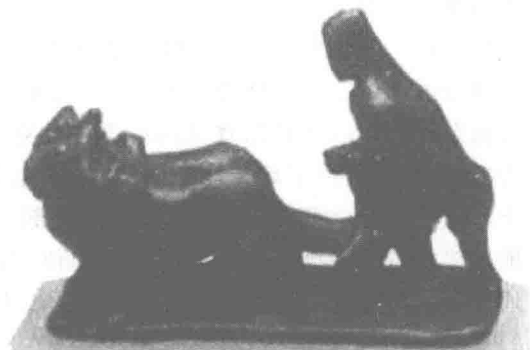


图2-18 英国达勒姆出土的公元2—3世纪的牛耕模型[Q]

13世纪是英国庄园制经济的鼎盛时期，不论农奴还是自由农，大多数耕作者都是领有份地的农户。进入16世纪，庄园制逐渐名存实亡，代之而起的是农民土地私有制。土地私有制的结果是土地集中化和农民失地化交互并存，失地农民要么成为佃农，要么成为农业雇工。当城市工商业兴起以后，失地农民就会成为非农部门的劳动者，成为市民或产业工人。有的人会成为领主大片自营地的承租人，然后他们再雇工耕种这些租来的土地，他们被称为租地农场主，是第一代资本主义农业经营的开拓者。这就是中古时期西欧农业资本主义萌芽的写照。

3.西欧其他国家的形成及其农业经济

除了上面说到的法国和英国在中古时期获得高速发展，成为西欧地区两个最重要的国家之外，西班牙、德国和意大利也很快发展起来，荣登经济大国的地位。

公元843年法兰克王国一分为三。中法兰克王国的南部后来成为意大利，东

法兰克王国就是后来的德国。919 年,萨克森公爵亨利当选为东法兰克尼亚国王,他将自己统治下的王国变成了巩固的德意志王国。962 年,亨利的继任者奥托一世将王国变成了帝国,称第一帝国或神圣罗马帝国。

中古时期,德国和意大利有一个共同特点,就是国家一直处于分裂动乱之中。在德国,从来没有实现过统一,甚至连疆域国界都不清楚。帝国没有一个能够号令全国的中央政府,没有统一的军队、法庭和货币,国家实际上被大大小小的诸侯、骑士以及自由城市的管理者所操控。意大利的情况更糟,它甚至连名义上的皇帝也没有,以基督的凡世代表自居的罗马教皇一直妄图执掌国家的宗教和世俗的最高权力。由于意大利没有形成维护国家利益的管理机器,所以成为了外国冒险家和投机家的逐鹿乐园,相邻的拜占庭人、阿拉伯人、诺曼人、德国人、法国人、西班牙人等,都曾先后独自或结伙入侵过意大利的核心地区。这与已经实现民族统一和中央集权的法国、英国存在天壤之别。

西班牙的情况要比德国和意大利好些。日耳曼部落中的西哥特人是西欧中世纪的一个彪悍民族,他们多次攻占强大的罗马王国的领地。419 年,他们攻入了高卢南部,建立西哥特王国。到 507 年,将王国中心迁至西班牙,定都托莱多。711 年,西班牙被阿拉伯人占领,变成了阿拉伯王国的一个行省。

沦为阿拉伯人的领地之后,西班牙人开始了长期的“收复失地运动”。13 世纪末,失地收复运动获得了决定性胜利。这时候,西班牙所在的伊比利亚半岛上存在着卡斯提和阿拉贡两个重要王国。1479 年,这两个基督教王国联姻合并,正式成为一个中央集权的西班牙王国。1492 年,盘踞在格林纳达的最后一批阿拉伯入侵者被赶出西班牙,失地收复运动获得了最后胜利。

以西班牙统一伊比利亚半岛为标志,西欧各国的封建化进程基本完成。总体而言,庄园经济是西欧各国的主要农业经营方式。一个领主的采邑可以包括一个或几个庄园,特大领主的庄园可以多达上千个,散布于不同地区,形成不同领主的庄园犬牙交错的局面。庄园的人口从几十人到几百人不等,形成大大小小的星罗棋布的村落。庄园通常都有泾渭分明的领主住宅区和农奴住宅区,还有磨坊、面包房、油作坊、铁匠作坊等生产生活设施,另外每村必有教堂。庄园的土地分成领主自营地和农奴份地两部分,两者都由划分过的条田组成。这种条田,是西欧北部地区特有的土地规划形态。因为当地的农田属于黏土类型,需要使用带有铁轮和犁刀的重犁来耕地。重犁需要 4 头牛才能牵挽,犁体笨重,作业时不易在田头拐弯或调头。为了减少每次犁地时的调头次数,农地的形状都设计成长条形的,故称条田。但每户农奴的份地通常不在一个条田里,而是穿插在相互隔开的条田中。领主这么做的目的是为了使好地不致落在一户或几户农奴手中。领主的自

营地都是最肥沃的田地，约占庄园面积的三分之一。



图 2-19　中世纪西班牙领主骑马来监督农奴割麦［Q］

农奴不仅需要在自己的条田上劳动，而且还需每周用两天或更多时间在领主的自营地上劳动，农忙时节则要先为主人干活（图 2-19）。此外农奴还需要向领主缴纳家禽、鸡蛋、肉、酒等实物地租，以及人头税、什一税、结婚税、继承税等不同名目的货币或实物捐税。可以说，西欧封建社会里，农奴负担的赋税包括耕种领主自营地的劳役税、各种实物税和部分货币税，属于混合农业税制，这是地租的变种。

农奴的身份是世袭的，子女天生就是农奴，不能迁往别的庄园或城镇居住。有时领主要为农奴指定丈夫和妻子，农奴必须使用领主的磨坊和面包坊加工粮食，因此须缴纳费用。此外，农奴还需随时为领主做一些杂役，如修路、建房、砍柴等，这都是没有报酬的工作，属于劳役税的一部分。

被称为中世纪“西欧农业革命”的标志性事件是大量垦荒。这个时期，各国都不约而同地大力垦荒以增加耕地，后世学者称之为“农业革命”。

从十世纪开始，耕地的面积普遍扩大。许多低洼的沼泽湿地、低丘的丛林地带，甚至靠近平原的原始森林边缘地带，都被渴望扩大耕地的农民们垦辟成了良田果园。此外，一些沿海的滩涂湿地也被纳入了农耕的体系中，人们修筑海塘堤坝，以防止海水倒灌入田。整个欧洲表现出一种为发展农业、增加产量而不遗余力的冲动，形成了充满生机活力的社会氛围。从农业发展这一点上说，中世纪当之无愧是欧洲的世纪、欧洲人的世纪。

除了增加耕地面积之外，这个时期还提高了土地的利用效率，大力推行三圃轮休制。这种耕地的布局，能够保证每年都有三分之二的农地处于耕种状态。生产条件好的地区，配合施肥和灌溉，已经出现农田连作制度，即取消了三分之一的农地休闲，实际上就是每年增加了三分之一的耕种面积，这对于增加粮食产量无疑是非常有效的措施。当全部耕地都用于生产之后，需要相应增加人工施肥来恢复地力。

随着耕地面积的扩大，农产品的产量、种类和质量都有了很大的增加或改善，由此带来了欧洲人饮食结构的历史性变化。豌豆和大豆、奶酪和鸡蛋，还有鱼和肉，这些食物含有更多的蛋白质和铁，这使得女性的寿命开始超过男性——这一

现象一直维持到今天。另外，猪肉越来越多地出现在农民的餐桌上；兔肉是从伊比利亚引进的，在加洛林王朝晚期进入法国，在12世纪进入英国。西欧人成为世界上最喜欢吃肉的民族，就是在中世纪中期养成的习俗，在此之前，他们的生产力条件根本达不到可以经常吃肉的程度。

但是，在整个中古时期，西欧人在农业生产技术方面却始终乏善可陈，没有值得历史记忆的发明创新。农民们使用的工具或技术，基本上是继承了罗马帝国高卢时代的传统农业技术措施。在后来的世代中，只要有稳定的社会环境，这些技术包括作物品种就常常被复制和运用，发挥出持久的生产力。

还里需要提到的是德国的容克地主制。容克是德语 Junker 的音译，原意是指无骑士称号的贵族子弟，后来泛指普鲁士贵族和大地主。在中世纪的德国文献中，"容克"被分为作战容克、宫廷容克、议院容克和乡村容克等不同类型。在德国历史上真正起过较大作用的是乡村容克。

乡村容克指普鲁士的贵族庄园主，主要是征服易北河以东地区并在那里进行殖民的德意志骑士领主的后裔，他们集领主权与乡村政权于一身。16世纪，容克为了扩大谷物生产，以便大量出口到英国和尼德兰，大量强占易北河以东农民的份地，以农奴的劳役经营大庄园经济。乡村容克具有粗犷、暴戾、眼光狭隘的特点。容克地主制在德国从中世纪一直延续到第二次世界大战以后才终结。1848年德国革命后，容克的庄园经济逐渐转变为资本主义性质的农场，被称为"普鲁士道路"。

东欧中古农业

中世纪的东欧，通常是指西起奥得河，东至乌拉尔山，北抵波罗的海，南到亚得里亚海和黑海的广大地区。4—5世纪时，这里主要生活着讲印欧语系的斯拉夫人。6世纪时，斯拉夫人分为三大支派：一是西斯拉夫人，他们繁衍成后来的波兰人、捷克人、斯洛伐克人和摩拉维亚人；二是南斯拉夫人，他们分化成今天的保加利亚人、塞尔维亚人和克罗地亚人；三是东斯拉夫人，他们是俄罗斯人的祖先，之后再分化成大俄罗斯人、白俄罗斯人和乌克兰人。斯拉夫人建立的国家大多数都是直接从原始的氏族社会进入封建社会，没有经历过奴隶制社会。因此，这些国家的封建化历程漫长而曲折。与西欧相比，中世纪东欧的文明进程要晚许多，经济发展的程度也低很多。

1. 拜占庭帝国的农业

拜占庭帝国即东罗马帝国，因其建都于君士坦丁堡，而君士坦丁堡位于古希腊移民城市拜占庭的旧址，所以习惯上称东罗马帝国为拜占庭帝国。这个以巴尔

干半岛为中心，横跨北非、西亚和南欧的庞大帝国，既继承了西欧文明的遗产，又独创了混合型的多民族文化，对后世的俄罗斯有着巨大影响。

拜占庭帝国的早期农业，以栽培麦类为主，种植橄榄、葡萄，饲养草原家畜，是典型的农牧混合型经济。畜牧业占有很大比重，在经济中占有重要地位。贵族常常以拥有多少牲畜来衡量富裕的程度，拥有更多牲畜甚至是在社区里拥有话语权、控制权的先决条件。

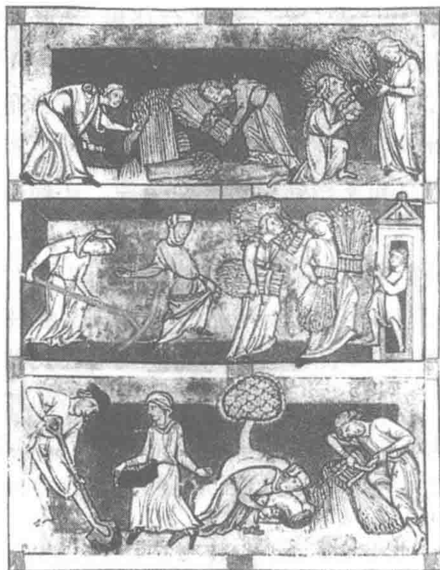


图 2-20 拜占庭帝国的农奴劳作图［M］

这时的拜占庭帝国，还残留着氏族公社的遗俗，它的牧场草原仍然是公有财产，整个社区的牧民都可无偿放牧。农村劳动者分为隶农、佃农和自由民等。隶农是人数占多数的群体，他们从领主处得到份地，生活就被固定在这个份地上，不能自由迁移，他们也是帝国庞大军队的兵力来源。还有一些是大领主庄园里的佃农，他们得到领主的庇护而免除国家赋税，但是他们没有人身自由，常常沦为领主的家奴(图 2-20)。

拜占庭帝国地域辽阔，经济贸易发达，城市经济繁荣，对农产品和手工业原料的市场需求巨大，从而使农业生产既受到政府的重视，也刺激了各类农民的生产热情，因而实现了长期的发展和繁荣。529 年颁布的《查士丁尼法典》，明确规定了保护私有财产权，而且当时已经将财产权细分为所有权、用益权、使用权和抵押权等。财产可以转让和继承。法典里有大量的关于隶农的立法条文，体现出当时对于隶农阶层的重视，也体现出帝国逐步进入封建化的历史进程。例如，法典中规定允许释放奴隶，依法对待隶农等。11 世纪以后，帝国实行“监领地”制度，把国有土地分配给公职贵族监领管理。监领地上的农民向领主交纳租税，同时受到监领贵族的庇护和管理。正是由于这种监领地制度具有某种程度的世袭性质，使贵族享有豁免特权，从而诱发了地方分裂割据势力的发展，导致帝国的国力日渐衰弱。1453 年拜占庭帝国被奥斯曼土耳其帝国攻灭。

2. 保加利亚和塞尔维亚的农业

从斯拉夫人分化出来的保加利亚人是南斯拉夫人的一支，生活于巴尔干半岛上。7 世纪后期，保加利亚人打败了拜占庭军队，一度获得独立，并成立了第一保

加利亚帝国(679—1019)。保加利亚帝国的居民大部分是自由民,农村中存在氏族公社的形式,耕地分配给各农户耕种,而且拥有世袭继承权。10 世纪初,保加利亚的封建制度确立,自由民失去原有的份地,变成了封建领主的农奴。

塞尔维亚人也是南斯拉夫人的一支,分布在里得里亚海沿岸及萨瓦河中下游地区。12 世纪以前,先后臣属于拜占庭和保加利亚。12 世纪末的 1190 年宣布独立,建国后塞尔维亚的农业生产得到较快发展。土地制度主要有领主所有制和军事采邑制,国家向有军功者赐予国有土地,以奖赏为国家牺牲或征战有功之人。农业耕作方面,塞尔维亚人承袭沿用欧洲的两圃制或三圃制,土地隔年轮休或隔两年轮休,以恢复地力。塞尔维亚的山区依然以放牧式的自然畜牧业为主,畜产品用来换取粮食、酒和布匹。1389 年,塞尔维亚被土耳其人侵占,被并入了奥斯曼帝国的版图。

3.波兰与匈牙利的农业

波兰人是西斯拉夫人的一支,生活于奥得河与维斯瓦河之间,北接波罗的海,南到喀尔巴阡山。波兰也是一个跨越式发展的后进国家,没有经历奴隶制社会,直接从氏族联盟进入封建社会。

到 10 世纪初,波兰农业已有相当发展,大多从事犁耕农业,实行三圃制,种植大麦、燕麦、黑麦、黍、大麻、亚麻等。园艺业是波兰的特色农业,普遍种植果树和蔬菜。手工业也很发达,善于冶铁、制陶和纺织,与南方先进地区的贸易往来活跃。

匈牙利人也称马札儿人,属芬兰乌戈尔族的一个支系,原来生活于窝瓦河和卡马河的上游,后来南迁至黑海北面大草原,开始了游牧生活;9 世纪初,从大草原西迁来到多瑙河中游平原和周边盆地,从游牧生活逐步过渡到农耕生活。

匈牙利成为农耕社会后,实行土地贵族占有制,原先的公社成员失去土地后成为贵族的农奴,形成了数量庞大的贵族阶层,这个阶层在国家政治中拥有很大的势力。1222 年,匈牙利的贵族联合起来,逼迫国王让步,颁布了“黄金诏书”,在法律上确认领地是贵族的世袭财产,同时豁免贵族和教会的捐税,规定地方官吏要从贵族中遴选,甚至在诏书中还规定官员不得随意出入贵族的庄园,每年召开一次有贵族参加的国会,等等。这个诏书颁布后,把匈牙利的贵族地位抬高到了无以复加的地步,但是同时也把王权的威严推下了深渊,这使得物产丰饶的大平原因社会矛盾日益尖锐而动荡不安。1526 年,匈牙利被土耳其人打败而灭亡。

4.东斯拉夫人与基辅罗斯的农业

东斯拉夫人居住在维斯瓦河以东的东欧大平原上,原先一直过着游牧生活,进入中世纪以后逐渐定居下来,依靠农业耕作为生,这时基本上还处于农村公社

的阶段。农村的基层单位"维尔夫"是一种原始形态的农村公社，耕地归各家农户所有，牧场、森林、荒地仍属公共财产。村庄的成员称为"斯莫尔德"，意即自由农民，他们种植小麦、大麦、燕麦和黑麦，一些山区地区甚至还过着采集狩猎的原始生活。

这里的居民中还有从斯堪的那维亚迁来的诺曼人，他们与斯拉夫人联合成立了基辅罗斯国，进而成立斯拉夫王朝。王朝成立后，推进了大平原的农耕文明。普遍采用铁农具生产，生产水平明显提高，粮食和财富开始出现剩余。这种状况使农村公社发生了阶级分化并逐渐瓦解，少数富裕起来的自由农民变成拥有大量土地的贵族王公，他们建立了规模不等的封建庄园。同时，王朝奉东正教为国教，教会拥有很大权力，同时也占有大量的土地。11 世纪中期，基辅罗斯颁布了《雅罗斯拉夫法典》，规定封建领主对领属土地上的农民拥有司法审判权；领主如果杀害农民，要赔偿一定的偿金；农民无子嗣则其土地归领主所有；法典还规定了对破坏田界、偷盗、纵火等行为的严惩办法，并课以罚金。

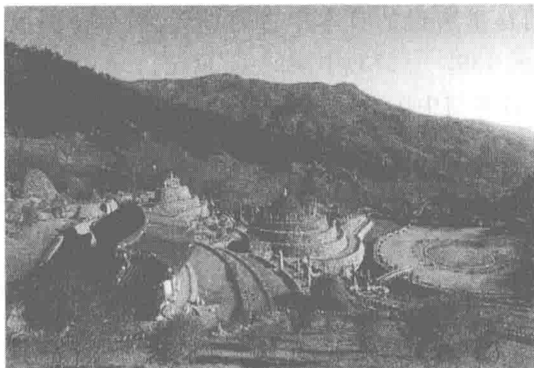
虽然由于欧洲先进文明的影响，东斯拉夫人建立的基辅罗斯王朝接触了铁制农具和农耕技术，社会经济有了一定的发展，但是与整个人类文明进程相比，这里的文明落后了至少几百年。

东亚中古农业

中古时代东亚崛起的国家有朝鲜王朝和隔海相望的日本国。朝鲜王朝在很长的历史时期里都是中华帝国的臣属国，长期友好交往，是儒家文化圈的主要国家。这种臣属关系直到 1896 年甲午战争之后，才在日本军国主义的压力下签订的《马关条约》中正式解除。日本是独立发展的民族国家，但是历史上也受到中华文化的深刻影响，尤其是中世纪以来，直接从中国借鉴了包括汉字在内的一整套文明成果，这些文明成果对日本文化的形成和发展起到了启蒙和促进的作用。

1. 中古朝鲜的农业

朝鲜半岛（现今韩国称韩半岛）在一万多年前的旧石器时代即有人类居住，大约在 5000 年前进入新石器时代。公元前 500 年左右进入青铜时代，原始氏族公社开始瓦解，在北方（今朝鲜人民共和国境内）形成了最早的奴隶制国家。为了与中世纪成立的李氏王朝相区别，将早期的朝鲜称为古朝鲜。公元前 194 年，燕人卫满推翻古朝鲜政权，自立为王，史称卫满朝鲜。公元前 108 年，西汉武帝东征朝鲜，灭卫氏政权，设立乐浪、玄菟、临屯和真番四郡。公元 4 世纪以后，朝鲜半岛进入高句丽、新罗、百济三国鼎立时期，史称"三国时代"。公元 7 世纪新罗在唐朝的帮助下统一朝鲜半岛大同江以南，史称"统一新罗时代"。公元 918 年，王建建立


图 2-21　建于李朝时代的昌德宫［K］

了高丽王朝，高丽王朝在朝鲜半岛维持了近 500 年的历史，直到 1392 年高丽大将李成桂建立朝鲜王朝（图 2-21）。

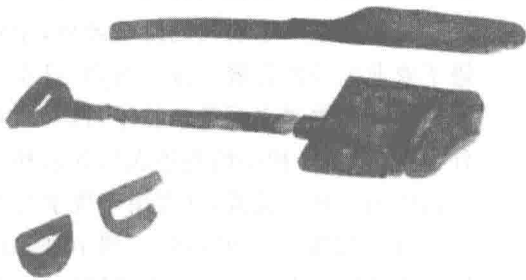
朝鲜半岛近年陆续出土了旧石器、新石器时代的遗址文物，出土的农具有石锄、石铲、石磨盘、石磨棒等。

朝鲜半岛的农耕文化多受中国的影响，15 世纪以前主要以种植旱地作物为主，15 世纪以后稻作农业兴盛起来。中古时代，朝鲜的稻作技术主要有“水耕法”和“干耕法”，两种稻作技术和中国华北旱作区的稻作技术有许多相似之处。一般认为，中国的稻作技术先后通过两条路线分别传入朝鲜的不同地区，一条是从江南地区传入朝鲜半岛的西南部，另一条是从山东半岛经辽东半岛传入朝鲜半岛的西北部，前者对朝鲜稻作技术的影响可能更大。

2. 日本中古农业

早在十多万年前，即有原始人类经朝鲜半岛迁徙到日本居住。日本早期先民主要是东北亚的游牧民族，包括蒙古语族、古斯语族、突厥语族的移民。到了中国的战国时代，一些燕国人、齐国人、楚国人、越国人为了躲避战乱而逃到日本，这些早期移民共同创造了日本的文化。

日本的上古时期，大约始自 12 000 年前的绳文时代，这时候已经使用弓箭狩猎，使用木器（图 2-22）、打制石器、磨制石器、骨角器等。绳文时代晚期开始栽培种植水稻。


图 2-22　日本绳文时代的木锄［Q］

公元前 3 世纪—公元 3 世纪称为弥生时代，日本进入了以种植水稻为主的农耕社会。中国的水稻种植技术和金属农具经由朝鲜转入九州北部，与农耕文化相关的民间信仰、礼仪风俗也随之传播进来，由此形成了日本文化的基础。

接下来的是古坟时代（公元 4 世纪至公元 6 世纪）。4 世纪中期，在奈良县一带兴起了大和国，它日益强大，逐渐征服了日本的大部分地区，首领称为“大王”，后来改称天皇。

为了与世界史的分期对应，我们这里所说的日本中古时期，大致始于公元600年的飞鸟时代，止于室町时代(公元1392—1573)中期的15世纪。

在这将近1000年的漫长岁月里，日本与中国的交往非常密切，从中国引进了包括农业文化在内的封建典章制度以及文字创制和技术发明的成果，在此基础上进行本土化改造和创新，形成了独特的日本民族文化。

4世纪到6世纪，儒家学说和佛家思想传到日本。汉朝发明的农耕技术和纺织、冶炼、医药、造船乃至天文历法，都在这一时期传到日本。公元794年开始的平安时代，日本皇朝以当时的长安为蓝本在京都建立“平安京”，以汉字为基础改造成的日本文字的“假名”也在这一时期定型。假名中的“片假名”主要是选用汉字楷书的一些偏旁部首来表示，而“平假名”则是选取一些易于辨识书写的汉字草书字体来表示。在早期，这套以表音体系建立的文字主要是为了让受教育程度较低的下层民众和家庭妇女使用，政府公文和社会精英还是直接使用汉字。

公元645年，日本进行了“大化革新”，由此进入封建社会。大化革新推行了一系列农业新政，如土地收归国有，编制农民户籍，统一农业赋税，推行“班田制”，等等，对日本农业发展影响很大。其中的班田制，主要是模仿中国隋唐时代的均田制而制订的农地分配制度。班田制规定，国家每6年(后改为12年)编制一次户籍册；6岁以上男子分配农地2段(1段约等于1 200米^2)，女子为男子的2/3；奴婢授地为男子的1/3，但是只能由主人领取。班田分口分田和宅用地，口分田允许出租，但禁止买卖；宅用地为永业地，世代为农民所有。农户人口变动时，国家对口分田收回其盈而补授其不足。

班田制缓解了农村的阶级矛盾，使农民拥有了维持生活的基本保障，从而促进了农业经济的发展。这一时期，日本大量派出“遣唐使”到中国来学习，他们带回了当时的先进水稻栽培技术，例如水稻的品种选育、浸种育秧、移栽管理等；此外，与水田生产相关的先进农具如水转碾、牛拉水车等，也开始仿制和推广使用。牛已成为主要的役畜，马多用于战争及贵族骑乘。

班田制推行了200多年，到10世纪初逐渐被庄园制取代。在日本古代，庄园原指贵族富豪在乡村的别墅和田地，后来主要指贵族的私有领地。地主庄园都采用租佃方式经营。庄园主通常都是城居地主，在乡村管理庄园的人称为“庄官”，大的庄园还设“下司”和“地头”等职位。佃耕的农民称为“作人”和“寄人”，有时也称“百姓”。作人每年向庄主交纳田产的1/3收入作为地租，此外还需给庄主送一些薪柴、布匹、漆器、酒水或时鲜果蔬等。

12世纪初，日本的镰仓幕府时，武士取代贵族执掌政权。武士分为武家和下级武士。武家多由贵族和大庄园的庄官转化而来，下级武士则来自失地农民和社

会浪人。在幕府体系下，庄园变成了带有民间武装的基层组织。幕府的最高统治者称将军，地方首领称大名，是各地方的“藩主”。大名把土地分给各个“家臣”，家臣再把地租给农民耕种。农民每年上交一半的稻米为年贡。在幕府时期，日本农业又有新的发展，一是水利兴修和维护得到加强，二是生产集约化程度更高，出现了许多精耕细作的生产技术措施，使粮食单产增加了30%以上，一些地方甚至成倍增加。

南亚次大陆中古农业

4世纪初在恒河流域建立的笈多王朝到5世纪时国势日益强大，臻于极盛，这之后即现衰退，王朝内部分崩离析，岌岌可危，7世纪初被北印度的戒日王推翻。13世纪初，德里苏丹在德里建立信奉伊斯兰教的封建王朝。

在笈多王朝时期，原来的自由民变成了依附于庄园主的农奴，贵族庄园主的土地不断增加。到了戒日王时代，实行土地封建国有制，名义上土地都收归国有，然后再由国家分配给贵族、功臣、达官和寺庙，推行“分封采邑制”。这个时期，印度农村公社发生了很大的变化，过去的家族式农业经营被个体农户家庭所取代，普遍采用个体小农经济的模式，农民以家庭为单位领取相应的份地。同时，个体农民直接将赋税交纳给领主，而不再向国家承担赋税义务。由于封建领主的地位日益高升，使王权日渐衰落，领主的采邑土地实质上变成了世袭的领地。

到了德里苏丹统治时代，印度的封建土地所有制又发生了新的变化。苏丹作为征服者，以没收异教徒财产的名义将全国的土地收归朝廷，视同自己的财产，用于封赐给随其征战的突厥和阿富汗贵族，同时也分配一部分土地给当地改信伊斯兰教的旧贵族，以笼络人心，稳定统治。国有土地中的相当一部分分配给了清真寺和主持宗教事务的阿訇(阿訇，波斯语意为老师或学者，回族穆斯林对主持清真寺宗教事务人员的称呼)。

印度中古时期，鼓励开垦荒地，兴修水利，重视发展粮食生产，因此种植业发展较快，在笈多时代种植业已经超过畜牧业，成为印度古代的经济支柱。值得一提的是，此时印度制糖业处于当时的世界先进水平，发明了用甘蔗制作结晶砂糖的技术，我国的甘蔗制糖技术即是稍后从印度引进的。此外，食用植物油的加工水平也很高，食用油不仅在当地的农产品市场上是大宗商品，而且也出口到周边国家。

阿拉伯帝国中古农业

7—12世纪，阿拉伯人建立了一个横跨欧、亚、非三大洲的地域广阔的封建帝

国，中国古籍中称为“大食国”，西方人则称之为萨拉森帝国。8世纪中叶，它的疆域东起印度河流域和帕米尔高原与中国唐朝接壤，西临大西洋，南至莫桑比克苏丹国，北迄高加索山。1258年被蒙古人所灭。

阿拉伯人是阿拉伯半岛的土著居民，上古时多数以游牧为生，逐水草而居，食驼肉，饮驼奶；也有少数居住在沙漠边缘的绿洲地带，从事农耕生产，种植大麦、小麦和椰枣。直到7世纪初才出现私有制。穆罕默德（约570－632）创立伊斯兰教后，在传教过程中统一了阿拉伯半岛。7世纪中期的伍麦叶王朝时，先后镇压了伊朗、伊拉克什叶派的反抗，继而攻占了北非、西班牙、中亚地区以及印度西北部等广大地区，成为当时世界上疆域最辽阔的帝国。阿拉伯帝国同样实行土地国有制，土地支配权掌握在以伊斯兰教首领哈里发为代表的贵族手中，哈里发是伊斯兰教先知穆罕默德逝世后继续执掌政教大权者。

农业是阿拉伯帝国的经济命脉，帝国在建立过程中，将被征服的民族、战俘、异教徒以及原始部落的奴隶，都变成了种田纳税的农民。这些处于社会底层的农民，每年要将收获的农产品的一半以上作为土地税交纳，少数的阿拉伯族人的私有土地则只交纳1/10的土地税。另外，非穆斯林的成年男子须要交纳人丁税。

阿拔斯王朝（750—1258）时推行神权统治，实行政教合一的体制。在农业上，继续巩固土地国有制。为了完善封建土地制度，制订了相关的法律。当时，阿拉伯帝国的土地分为四类：一是哈里发直接掌握的土地，称哈撒，相当于王室土地；二是赐给侍从及功臣的土地，称为伊克塔，原规定是生前享用，身故收回，后来逐渐变成了世袭财产；三是清真寺占有的土地，称瓦克夫，寺庙土地不纳税，但不得转让和出卖，其收入供寺庙开支；四是少数地主占有的私有土地，称穆勒克，这些少量的土地可以自由转让买卖。由于帝国疆域广大，物产丰饶，品种繁多，几乎当时世界上所有的农产品都能在阿拉伯帝国的领土内生产。阿拉伯帝国有许多各具特色的农业主产区，一是首都巴格达附近的平原，这里水利设施完备，河道纵横，主产各种谷物和棉花、亚麻等；二是呼罗珊和西锡斯地区，这是帝国的农业基地，提供了大量农业税，是国家财政收入的主要来源地；三是乌浒河和锡尔河之间的河谷平原，主产棉花，是西瓜的起源地，中国的西瓜就是隋朝时从这里引进的；四是叙利亚大马士革近郊，主产水果、甘蔗和花卉，蔷薇、丁香是当地名产，可提炼香膏和香油，由于盛产甘蔗，所以当时曾有许多制糖厂。

中古时期的世界格局

中世纪时，亚欧大陆诸民族间的相互影响比过去更大，因为这时出现了前所未有的跨地区的庞大帝国。上古时代的汉帝国和罗马帝国，在空间上被分隔在亚

欧大陆的东西两端。与此形成鲜明对照，中世纪最早形成的伊斯兰教帝国，到8世纪中叶，已将国土从法国与西班牙的界山比利牛斯山脉扩展到印度洋，从摩洛哥延伸到中国边境。以后几个世纪里，伊斯兰教进一步扩张到中亚、东南亚乃至非洲内地。13世纪的蒙古帝国，给人以更加深刻的印象，它的版图包括朝鲜、中国，以及整个中亚、俄国和中东大部分地区，是亚欧大陆空前绝后的最大的帝国。

帝国的疆土如此辽阔，使亚欧各地区的直接联系和相互影响成为可能，从而消除了过去地区间的孤立状态，为新的商业贸易、农业交流、技术推广、宗教传播和知识共享等经济文化活动提供了前所未有的便利渠道。正是在这种大交流和大融合的历史背景下，人类的不同文明体系在这个历史阶段里不断发生碰撞，互相挑战、同化和改造，为下一个历史阶段的文艺复兴和科学飞跃开垦出了肥沃的土壤。

三、中国古代农业



中国是世界上最早出现的文明古国之一，而且是世界上唯一的五千年文明绵延不断的古国。在漫长的历史长河中，我国劳动人民创造了伟大的农业文明，为人类的文明进步做出了很大的贡献。

中国古代史与世界古代史在年代分期方面有些不同，世界古代史以文艺复兴为断代，而中国古代史下延至1840年的鸦片战争为止。也就是说，中国古代史分期年代向下延长了3个世纪。我们以下的叙述，采用中国史的传统分期。

农耕区域的形成与变迁

经历原始社会的漫长历程之后，大约在公元前21世纪，中国由原始社会进入奴隶社会，相继建立了夏、商、周三个奴隶制王朝。夏王朝的势力辖区，西起今河南西部、山西南部，东至今河南、河北、山东三省交界的地区；商王朝的势力范围在今河南、山东、河北、湖北一带，首次将势力伸延到长江流域；西周势力所及，则南至湖北，东至山东，东北至辽宁，比夏、商二代的范围大得多。纵观夏、商、周三代的主要活动地区，基本上都是在河洛、河济、河渭三大流域之间，都属于黄河中下游地区。因此可以说，在进入文明时期的最初15个世纪中，中国的经济中心处在黄河中下游地区，这里是中国最早开发的地区，也是当时的政治、经济、文化最发达的中心地区。

公元前770年，周平王东迁洛邑，是为东周的春秋时代之始。这个时代的特点是过去被尊为“天子”的周王的权威一落千丈，而一些实力逐渐发展起来的诸侯则先后称霸，史称“春秋五霸”，他们是齐桓公、晋文公、楚庄王、吴王阖闾、越王勾践等。这里我们且不去评论诸侯争霸的原因和功过，只想提醒读者注意，在“五霸”中，前两霸是黄河流域的诸侯国，后三霸是长江流域的诸侯国。这种情况显露出这样一个历史信息：我国在春秋时代后期，政治、军事、经济的中心曾一度从黄河流域转移到了长江流域。因为，当时要当上“霸主”，或者有胆量去争当霸主，没

有发达的农业和强大的军队是不行的。这是我国长江流域的第一次历史大开发。

春秋后期，经过“三家分晋”和“田氏代齐”等重大历史变革，公元前 475 年，开始了东周列国的“战国时代”。“战国七雄”分别是齐、楚、燕、韩、赵、魏、秦。从“七雄”的地域分布可以看出，这是黄河流域与长江流域共同发展的时期，由此奠定了我国广大的核心经济区。

公元前 221 年，七雄中排在最后的秦国兼并了其余六国，结束了长期战乱和诸侯割据的局面，建立了统一的中央集权的封建国家。但是显赫一时的秦帝国，不久就在秦末农民战争中灭亡了。

继起的汉帝国，建都咸阳。汉朝政府在关中地区修水利，劝农桑，把这个地处西北的内陆平原建设成了“衣食京师，亿万之口”的富庶之乡。这个富裕地区的范围逐渐也包括了四川盆地。这是我国的农业经济中心首次越过函谷关，第一次把经济建设的辉煌刻写在华夏的西北大地上(图 2-23)。



图 2-23　汉代上林苑瓦当，那个强盛时代的见证物［R］

秦汉以后直到唐代前期，北方地区经历多次“合久必分，分久必合”的历史演变和政权更替，但黄河流域一直处于农业生产的技术创新和经济发展的中心，出现了《齐民要术》所总结的先进的北方旱地农耕体系。

总体而言，虽然此时南方仍然相对落后于北方，但是南方的经济开发速度也在加快。自东汉末年北方发生战乱以后，长江中下游及其以南地区陆续吸引了大批避难南逃的移民，推动了这一地区的农业发展。特别值得注意的是，魏晋南北朝时期，南方地区相对安定平静，没有发生大的战乱，因此南方的农业经济发展速度已经开始超过北方。南朝时的江南呈现出繁荣的景象，为一个新的历史时代的到来储备了足够的经济文化条件。

公元 755—763 年间发生了“安史之乱”，北方地区再次陷入战火兵燹之中，农业生产遭到了空前的破坏。接踵而来的藩镇割据和五代十国的社会变乱，致使北方大片地区在较长的历史时期内，经济委靡不振，逐渐丧失了国家经济中心的地位。而此时的南方地区，人口增加，生产发展，成为中唐以后国家财政收入的主要来源，史称“以江淮为国命”。

总之，唐朝是我国农业发展的一个重要的历史转折时期。安史之乱及以后的社会变乱，最终促成了经济中心由北方向南方转移的历史性转折。这种经济局面历经此后的宋、元、明、清而逐渐固定下来。因此可以说，我们今天所见的南方经

济发展程度高于北方的状况，只是始于唐代中期的事情，在那以前，黄河流域是远比南方发达的。

作物构成的变化

在历史的长河中，我国的农作物构成也一直跟随着社会进步而不停地发展变化。有时是新的作物被驯化栽培了，或者从其他地方引进了，逐渐取代了旧有作物的地位；有时是由于生产力的提高或者人们的消费需求发生了变化，原先被广泛栽培的质量不好的作物渐渐被淘汰了，有的甚至不再成为栽培作物而回到半野生状态。

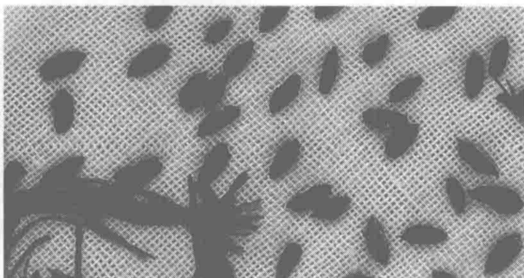


图 2-24　江西万年县出土的一万年前的栽培稻［W］

考古出土的炭化作物遗存表明，我国在农业起源初期最早驯化栽培的作物有粟、黍、稻（图 2-24）、菽、麻（食用大麻）、麦、薏苡、瓠及一些蔬菜种类。我国最早的具有文法意义的甲骨文中，依出现频度所作的粮食作物排序是：黍、稷（粟）、小麦、大麦、稻、菽（大豆）等。这显然与我们今天的作物排序出入很大，为什么会出现这种情况呢？因为远古时候的生产条件很差，而黍、稷这类作物的抗逆性强，对环境的要求低，而且生长期较短，容易抵御或避过自然灾害，比较“稳产”，因此人们选择它们作为“当家品种”。

我们现在还常说“四体不勤，五谷不分”，“五谷”指什么？历史上的解释很多，大致涉及六种粮食作物：稷（粟）、黍、麦、稻、大豆和大麻，其中的区别在于这些作物的不同组合和排序。前三种作物是古代不同文献中解释“五谷”时必然提到的，后三种作物之有无，依地区和时代而别，这种情况反映了当时以旱地农业为主的生产特点。

在这里顺便提一下蔬菜中的“葵”，俗称冬寒菜，今天除个别地方还偶有食用外，已退至半野生状态。然而这个葵在历史上可是了不得的“百菜之首”，《诗经》等古籍甚至提到用它来招待贵客和祭祀祖宗。葵的命运变化说明作物的选择是与时俱进的。葵易于栽培，适应性和抗逆性很强，适合粗放式栽培，但是它适口性差，说白了就是不好吃。后来选育出了比它好吃的蔬菜，人们种菜的技术水平提高了，栽培环境也改善了，葵被淘汰就成为历史的必然。

汉代是我国作物结构调整变化较多的时期。一是国内外交流增多，引进了不少新的作物种类，如今天普遍栽培的芝麻（时称“胡麻”）、葡萄和饲料作物苜蓿，相

传是张骞通西域引进的；二是国内地区间作物交流也较前代增多，如原产岭南的甘蔗北移到了湖北一带，茶叶也扩大了栽培区域并开始成为市售商品。

唐宋时代，农作物结构的最大变化是稻麦上升为主粮，当时有"苏湖熟，天下足"的民谚。历史上第一次出现了"南粮北运"的情况，这一格局一直沿延到近代。宋代以后，油菜的种植大面积推广，逐渐取代了此前的芝麻而成为主要的油料作物。从国外新引进的蔬菜和水果种类增多，比如，今日餐中习见的莴苣、菠菜和产量居世界之最的消夏水果西瓜，都是此期引进推广的。

宋元时期棉花开始传入中原地区。史书记载："古者中国所以为衣者，丝、麻、葛、褐四者而已。汉唐之世，远夷虽以木棉入贡，中国未有其种，民未以为服，官未以为调。宋元之间，始传其种入中国，关陕闽广首得其利。"元代有一个叫"黄道婆"的江南妇女，对棉花的推广种植和棉纺织手工业的普及起过很大的传授示范作用，后人至今仍在纪念她。

明清时期，我国通过多种途径引进原产美洲新大陆的作物玉米、马铃薯、红薯和烟草，对我国的作物结构产生了很大影响。玉米具有生长适应性强、适合山区种植的特点，因此自从明代传入我国，便很快在南方山区传播。红薯传入我国后，最初被当作救荒作物由政府推广，后来竟发展到"闽浙贫民以此为粮之半"的地步。大约到18世纪中期，全国各地都已经种植红薯了。烟草作为重要的嗜好品作物，它一直是一个令世界许多政治家为之尴尬的作物，因其有害民众健康而被提倡禁烟戒烟，然而又因其能使国家获得巨大财政税收而明禁暗纵。烟草传入我国后，由于种植的利益刺激而悄然传播，到道光年间，已出现烟占粮田的情况。

土地利用方式的变化

我们的祖先对土地的利用方式，是在长期实践中逐渐变化、发展、进步的。原始社会实行的是"撂荒"耕作制。具体的做法是，在一个地方烧荒开垦，利用自然地力粗放种植，过两三年地力下降，就弃而不种，迁到另外的地方再开垦新地。如此游荡不定地迁徙烧荒。到商代前后，发展为休闲耕作制，土地的利用相对固定一些。它与撂荒制的不同之点是，原先种过的地，在休闲一定时间恢复地力之后，再返回来开垦耕种。到西周时期，形成了"甾、新、畬"三年周期性土地利用方式。"甾"是休闲一年，"新"是重新耕种，"畬"是第二年接着耕种，第三年又休闲不种，如此反复轮换。这与西方的三圃制有着相似之处，但是我国只在很短的时期实行休闲耕种制，而西方却延续到中世纪后期，在技术层面上比我国落后了一千多年。

春秋战国时代，铁农具、畜力耕作、施肥、选种、水利工程等一系列重大技术的发明和普及，为农业生产注入了强大的动力。这时候，已经具备了从休闲制向连

作制过渡的物质条件和技术条件。实行连作制的必要条件是施肥和灌溉。当时称连作制为“不易之地”，与之并称的是“一易之地”（休闲一年）、“再易之地”（休闲二年）。可见这时候实行连作制的还只是部分耕地，多数耕地还需要一易和再易，然后再来耕种。战国时代出现了垄作技术，当时的专门术语叫“畎亩法”，它可能是源于农田灌溉中的“沟洫”的启示。另外，此时开始强调耕作的精细化，叫做“深耕而熟耨”。

在连作制的基础上，人们对耕作制度又作了许多创新，出现了轮作、复种、间作、套种等多种形式。这是西方农业史上没有见到的，应当是中国古代的独创性发明。不同作物实行轮换种植，可以减少杂草、病虫害，提高地力，增加产量，达到“今兹美禾，来兹美麦”的效果（这里的禾是指粟）。复种是一年内在同一块耕地上进行两次种植、两次收获的方式，古籍称为“一岁而再获之”。三国时代，长江下游出现双季稻，甚至出现了“国税再熟之稻”，即国家向再熟稻征税，可见双季稻种植已经具有相当规模了。在湖南的个别地方，还有“温水（泉）溉田，年可三登”的记载。间作、套种则是在前茬作物生长期间，在其株行间隙中播种其他种类的作物。

以上这些种植制度，秦汉时代已在黄河中下游地区普遍推行，魏晋南北朝时期进一步发展，是我国精耕细作农业的重要措施之一。特别是《齐民要术》提出把豆科植物和绿肥作物引入轮作序列，说明当时已经知道利用豆科植物来改善地力，在传统农业中起了重要作用。

唐代，土地利用方式又有了新发展，表现在太湖地区的塘浦圩田和云南地区的梯田上。由于人口的增长，便于开垦的荒地大致被垦辟殆尽了，于是人们的目光开始转向水边和山坡，叫做“地尽而水，水尽而山”。这种垦殖，正是造成农业生态环境破坏的始作俑者。少量开发一些浅滩苇地，并无大的生态问题，可是这种土地开垦的方式一旦出现，就很难掌握适宜的“度”，最终由于开垦失控而导致生态灾难。

实际上，从晚唐到宋代，长江流域的大湖滩涂都出现了过量围垦的问题。这种情况，与同一时期的西欧，特别是英、法等国的滥垦，如出一辙。南宋政府甚至不得不下诏“废田还湖”，还把“盗湖为田”的违法行为加以治罪。尽管如此，围湖造田依然治而不止，日甚一日，下至明清，绵延几百年都未有所好转。



图 2-25　大地的乐章——云南哈尼梯田［R］

山坡梯田（图 2-25）的情况可能好一些，既可利用山地，又可保持水土，还便于引山涧溪水灌溉。

《南昭德化碑》说："高原为禾黍之田。"这是已知最早关于梯田的记载。但是梯田开垦过多，也有生态破坏的问题。从文献上看，古罗马已经出现梯田的记载，比中国要早很多世纪。

明清时期我国人口大增，土地问题更加突出，过量开垦更加严重。有一个清朝地方官痛心地写道："江右产谷，全仗圩田。从前民夺湖以为田，近则湖夺民以为鱼！"水灾使百姓葬身鱼腹，而这正是从前夺湖为田的结果。围湖如此，垦山亦然。清代入山垦种最甚，当时对入山者有一个专门的称谓，叫"棚民"。棚民遍及各地山区，开垦造成的后果也很严重。当时有一位学者，写了一部《记棚民事》的书，其中有一段精妙的分析：

"……未开之山，土坚石固，草树茂密，腐叶积数年，可二三寸。每天雨，从树至叶，从叶至土石，历石罅滴沥成泉，其下水也缓，又水下而土不随其下；水缓故低田受之不为灾，而半月不雨，高田犹受其浸溉。今以斤斧童其山，而以锄犁疏其土，一雨未毕，沙石随下，奔流注壑涧中，皆填汙不可贮水，毕至洼田中乃止；及洼田竭，而山田之水无继者。是为开不毛之土，而病有谷之田……"

这位几百年前的作者堪称生态专家了，把山区垦殖的危害分析得可谓入木三分。可见生态问题不是今天才提出的，古人就已关注它了，也有人提出了对策。

土地制度的变革

土地制度是反映人与人、人与地之间关系的重要制度。它既是一种经济制度，又是一种法权制度，是土地经济关系在法律上的体现，是构成上层建筑的有机组成部分。广义的土地制度包括土地所有制度、土地使用制度、土地规划制度、土地保护制度、土地征用制度、土地税收制度和土地管理制度等。狭义的土地制度仅仅指土地的所有制度、土地的使用制度和土地的国家管理制度。

我们在前面的关于世界古代农业的叙述中已经知道，土地制度是传统农业社会的基础性制度，所有国家、所有朝代都十分重视土地问题，在不同时代、不同地区分别制订了相应的土地制度规定，以维护社会运行，消弥社会矛盾，促进经济发展。

我国是文明延续五千年的古国，历史文献记载的历代土地制度比较详尽而且连续不中断，因此被认为是研究世界古代土地制度史的最好样本。

1. 土地国有制——井田制

公元前 21 世纪，我国第一个王朝——夏王朝建立，标志着原始公社制的最终解体。从这个时候开始，直到秦始皇于公元前 221 年实现华夏统一，其间经历了夏、商、周（西周与东周）三个朝代，跨越 19 个世纪。这个历史阶段是我国的奴隶

制社会时期。分封劳役制是这个时期的主要经济制度。

分封制是世界各国在奴隶社会通行的基本制度，只是有的国家这个阶段比较长，而有的国家则比较早地进入了封建制社会。我们国家就属于后者，因此被称为“早熟的国家”，而在东欧许多地方，奴隶制社会延续了很长的历史时期，甚至到世界的中世纪后期才跨进封建社会的门槛。

分封制的实质是为不同阶层的贵族划定尊卑高下的等级，并根据这个等级封赐采邑土地。天子为第一等，诸侯为第二等，卿大夫为第三等。诸侯依其功勋大小和受封地的多少，又分为公、侯、伯、子、男五个不同的爵位。卿大夫又以其服侍的对象分为天子卿大夫、大国卿大夫、列国卿大夫、小国卿大夫等。诸侯、卿大夫又统分为九等，称为“九命”。奴隶和平民是不能获得封地的。

爵命等级是享受政治、经济利益的权利依据。夏商周三代都实行世禄制，各级贵族世袭他们的封地收入，除了依次向上一级贵族交纳一定的贡赋和提供军役、劳役之外，其余全部归他们自己享用。

与西方的采邑制一样，我国三代时期也是采取“封地授民”的办法。贵族获得封地的同时，也获得了这片封地上的人口。各受封国诸侯，除自己直接占有一部分土地和臣民外，其余再分封给自己的大夫和士。各级贵族对受封地都只有享用权而无私有权，不准出卖，即所谓“田里不鬻”。



图 2-26　古代井田制的布局图［W］

“井田制”是我国在奴隶社会的主要经济制度和基层组织制度。这种制度残留着原始公社的公有制痕迹。它对封地上的农奴实行土地的平均分配，通常是每户农奴获得份地“百亩”（周代的 100 亩约合今天的 31 市亩）。“里”是当时的最小基层单位，每“里”有耕地九百亩，居住八户农奴，每户分地百亩，余下的百亩为“公田”（图 2-26）。这八户农奴除耕种自己的百亩份地外，还要合力耕种领主的“百亩公田”。一个贵族领主依据其“命数”高低可能有许多“里”，可以从许多“公田”上收获农产品。这就是奴隶制时代的劳役地租制，历史上称这种劳役地租为“助”或“藉”。当然，封地内的自由民对其领主、下级领主对其上级领主也要承担贡赋。劳役地租之外，贵族领主还要向农奴摊派军赋、征收贡纳、抽调力役修建宫室道路等。这些都与世界各国的情况大致一样。

井田制作为我国奴隶社会的主要经济制度，到东周战国时期开始逐渐崩溃。

由于以铁农具和牛耕为代表的先进生产力的出现，原有的生产关系已经不能适应社会经济发展的要求了。生产效率的提高，使一部分劳力强的农奴家庭除耕种百亩份地和“公田”外，还有余力来开垦荒地，获得份地以外的收入。《管子》问到“人之开田而耕者几何家”？就是指的这种情况。另外，商品经济的发展，也加速了农奴间的贫富分化。再者就是原先“助耕公田”的方式越来越难于维持了，“公田不治”的情况在各诸侯国之间蔓延开来。凡此种种，都加速了井田制的崩溃和消亡。

2.土地私有制

当一种旧的生产关系成为阻碍社会进步的桎梏时，它就必然被历史所革除。战国时代最早推行土地制度改革的是齐国。公元前7世纪中叶，管仲治齐，实行“相地而衰征”的租税政策，也称“案田而税”。顾名思义，就是根据田地的面积大小和肥沃情况来征税。这种税制是以承认土地私有合法为前提的，而在此前一千多年的奴隶社会中，土地一直是“国有”的，所谓“普天之下，莫非王土；率土之滨，莫非王臣”。

公元前221年，秦始皇统一天下，在全国范围内废分封，置郡县，“使黔首自实田”。至此，分封制和世卿世禄制被彻底废除，中央集权的郡县制和官僚制度开始确立，中国进入封建社会。

郡县制与分封制是完全不同的两种政治经济制度。在郡县制下，官吏是由中央任命的，国家对官吏有考核督察制度，官员可获升迁，也可遭贬谪。他们的收入不再来自世袭的封地，而是来自国家财政发给的俸禄。这样就为封建土地制度的确立创造了条件。这种制度下的土地占有形式，是土地国有制、地主土地所有制、自耕农土地所有制等三种类型并存，本质上都是“土地私有制”，由此形成了我国两千年的封建社会的主要土地制度。

秦汉以后，封建国家利用政权的力量，针对各朝代的社会经济问题和矛盾，对封建土地制度进行了多次调整和改革，以适应经济发展和社会稳定的需要。

3.屯田制

三国时期，曹魏的“屯田制”首开封建社会土地制度改革的先河。建安元年（公元196年），曹操颁布“置屯田令”。屯田分为民屯与军屯两类。民屯实行半军事化管理，具有一套严格的编户组织，直属中央政府大司农管辖，屯田户由政府配给土地、农具、耕牛、种子等生产资料，每年向政府交纳租课。军屯再分为“带甲屯田”和“士家屯田”两类，前者是军营战士屯田，“且耕且守”，“随宜而垦”，随着军队征战驻扎地的变化而移动；后者是佃兵屯田，“士家”是带有兵籍身份的屯田户，平时他们与普通民屯一样，承担国家的屯田生产任务并交纳租赋，战时则随时被征发入营服兵役，具有“出战入耕”的特点。

继曹魏之后，东吴、西蜀也都先后推行了屯田。这种制度直到晋武帝泰始二年（公元 264 年）才被明令废止，理由是"以均政役"，原先的屯田官员就地转为郡县的"太守"或"令长"。但是此后一直到清朝，各个朝代仍设有不同规模的屯田。解放后的"军垦农场"，也可以看作是屯田的一种创新和发展。这种军事化的土地经营制度，在西方的文献中没有看到记载，可能他们的军队不必自耕而食，军粮只是随战随征，当然也可能是随战随抢的，这当然远不及曹操那样的不取民间一针一线的文明之师。

4. 占田制

屯田制废止之后仅 15 年，西晋太康元年（公元 280 年）又颁布了占田制的政令。占田制规定了从王亲国戚、政府官员到庶民百姓的占田数额，在一定程度上起到了抑制地主和官员兼并农民土地的作用。但是这种土地分配制度在具体执行中存在许多问题，例如，地狭人稠的地方占田不足，政府无田可分。而且，农民的家庭人口是动态变化的，份田分配不久就出现了占田不均的现象，与之相关的就是农民的课税负担也出现不均，人口多占田少的家庭交不起额定的赋税，等等。因此，晋武帝死后，占田制就不了了之，前后推行不过 20 年。这里有一条历史经验：凡是不符合客观规律的制度，总是不能长久的。

5. 均田制

历史上影响最大而且深远的是北魏孝文帝（图 2-27）于太和九年（公元 485 年）颁布的均田制。均田制吸收了占田制的长处而克服了其不足，因此它比较符合当时的国情，比较可行。



图 2-27 推行均田制的北魏孝文帝［W］

均田制规定，百姓的"口分田"和官员的"职分田"不得买卖，"卖者坐如律"。少量的"世业田"则允许有条件地买卖，这就是"盈者得卖其盈，不足者得买所不足，不得卖其分，亦不得买过所足"，即只允许在家庭人口变化而出现世业田超出均田令规定时将多出的部分卖出，也只允许买进不足规定数额的部分。这对抑制土地兼并，使无地农民得到赖以为生的土地，确实起到了一定的积极作用。

实行均田制后，一度出现"百姓殷阜，年登俗乐，鳏寡不闻犬豕之食，茕独不见牛马之衣"的局面。史学家对均田制是否曾经普遍实行有着不同看法，但直到唐代前期的数百年中，每朝每代都将其重新颁行，而且多少作了一些修改和补充。客观地说，均田制不是平均分配土地，事实上也不可能保证每个农民都能得到法

令上规定的土地数额，但它在一定程度上维护了小农的经济利益。

唐代天宝末年“安史之乱”后，均田制就废止了。自此直到近代，中国的土地制度再未出现重大的改革与调整。如果说还有变化，那就是在许多情况下发生的土地兼并与反兼并的斗争。历次改朝换代，总是在立国之初，轻徭薄赋，与民休息，生产得到恢复与发展；到皇朝后期，横征暴敛，民不聊生，于是旧朝灭亡，新朝又起。如此新陈代谢，循环往复至近现代。

农业税制的变革

与土地制度相比，我国古代的赋役租税制度的变化与改革要频繁得多，丰富得多。

前面说过，战国时齐国首先进行“案田而税”的税制改革，实行“二岁税一，上年什取三，中年什取二，下年什取一，岁饥不税”的政策，此后各诸侯国纷纷效仿。秦始皇以其雄才大略，征服六国，实现天下一统，但是江山易得，大业难守。建国之初，秦始皇不是着手医治战争创伤，恢复和发展生产，而是对外继续举兵征伐，对内大兴土木，筑长城，修宫殿，由此铸成大错，使秦帝国成为一个短命的王朝。

1. 汉代的农业赋税

汉代兴国以后，汲取了秦代赋役繁苛、驱民急迫、兴作无度的教训，全面推行重农、崇俭、轻徭、薄赋的政策。治国方略就八个字：“与民休息，无为而治。”

当时政府向农民征收的赋税有田赋、人口税和徭役等。刘邦即位后，“约法省禁，轻田租，什五而税一”，田赋只征收农民收获量的十五分之一，后来进一步减少到三十而税一（图 2-28）。



图 2-28　记载农业税收的汉代竹简文书［L］

人口税包括口赋、算赋和献费三项。口赋是小孩税，规定 14 岁以下小孩，不分男女，每人每年出口赋 20 钱；算赋是成年税，15 岁以上者，不分男女，每人每年交算赋 120 钱，称作一算，商贾与奴婢加倍。为了鼓励生育，还规定女子 16—30 岁不出嫁，人纳五算。

献费名义上是由地方官及外封的诸侯征收以献给皇帝的，但地方官往往借机搜括，民不堪受，后来刘邦干脆规定每人每年出 63 钱贡献给皇帝，这么一来献费也就成了人口税的一种。

徭役有更卒、正卒和戍卒三种。更卒指农民每年要在郡县服一个月的劳役，若本人不能亲往服役，须交钱二千钱，称为践更。每丁男每年还要戍边三日，不能履戍者人纳三百钱入官，称为过更。实际上是不可能每人都去戍边三日的，所以过更就演化为一种固定的人口税。兵役有正卒和戍卒两种。正卒是指丁男服役于郡县的地方兵，每丁一生服一年；戍卒是指屯卫京师的兵役，也是每丁一生服一年。如果是无地的佃农，租种地主的土地，那么就要交纳地租。史书记载，当时的地租多为实物租，租率大多是收获物的一半，即对半分成租。

2. 曹魏的田赋和户调

三国曹魏取消口赋、算赋等人口税，改征田赋和户调，田赋固定为每亩征四升，户调为每户征绢二匹、绵二斤。西晋类此而税赋略重。东晋初时，度亩计税，比较合理，但由于常常发生大地主逃税的现象，实行不久就不得不舍地而税人，改为征收口税，让地主和无地、少地的农民负担同样的赋税，这显然极不合理，于是"境内莫不怨嗟"。

3. 均田制的租庸调制

北魏至隋，采取的是与均田制相适应的租调赋役制度，基本上是以一夫一妇为单位进行征税。由于它在均田时对耕牛和奴婢也予分田，因此对耕牛和奴婢也都征税。虽然农民的税负相对较轻，但它的征税面扩大了很多，所以政府的财政收入也随之增加很多。

唐代前期也实行均田制，其税制基本上与北魏同，但税额较北魏低。唐代妇女一般不受田也不课税，所以它的税制是以丁男为本的租庸调制。至唐玄宗开元、天宝年间，土地兼并到了肆意泛滥的地步，建立在均田制基础上的"租庸调"赋税制度已经完全瘫痪了。

4. 唐代后期的两税法

公元 780 年，唐代著名理财家杨炎向德宗提出建议并被采纳：罢黜租庸调，改行"两税法"。这是历史上的一次重大农业税制改革，其影响所及，甚至延至此后一千年的清代。由于这种税制是要求纳税人（主要是农民）每年在夏秋两次纳税，所以称为两税法。

两税法的课税项目，主要是地税和户税。地税按田亩纳米、麦，最初规定每亩纳米（麦）大致相当于粮食平均产量的十分之一。户税按贫富等级来定税额多少。官府把居民分为九等户，每三年纳一次大税（多征），常年纳小税（少征）。税户等级每三年重核一次。

从租庸调制过渡到两税制，对唐代的财政经济产生了重大影响。首先它规定不论官吏还是豪富都要按财产纳税，扩大了纳税面，增加了唐王朝的财政收入。

另外，它把此前名目繁多的苛捐杂税都纳入两税之中，减少了税务官员从中勒索的机会。第三，它明文规定取消劳役征派，克服了扰民误农的弊端。

自唐后期，历五代至两宋，田赋都是在夏秋两季交纳，仍称两税，但其内涵已有不少变化。宋代在两税之外，更有许多征纳的名堂，税吏乘机勒索肥私。北宋中期，王安石作过一次很有影响的涉及社会经济生活许多方面的"变法"，收到了一些效果。辽、金、元三朝，边疆少数民族入主中原，税制比较混乱，其突出之点是劳役征派十分苛重。

5. 明代的一条鞭法

明代万历九年(公元 1581 年)，内阁首辅张居正提出"一条鞭法"的税赋改革方案。这次改革的内容有：一是把明初的正税(田赋)、杂税和徭役三项"悉并为一条"，统一征收，除繁就简，故称"一条鞭法"；二是把差徭杂税的"折色"银按一定比例摊入田亩征收；三是田赋一律征收银两；四是废除赋役征收时的"里甲代理制"，一律必为"官收官解"，减少征收的中间环节。

一条鞭法是我国封建赋役制度史上的又一次重大改革，它改变了历代将赋、役平行征收的做法，第一次将赋与役合而为一，并且规定"一概征银"，使得劳役制逐渐退出历史舞台，农民对封建国家的人身依附关系逐渐松弛，有利于商品经济的发展。与过去的历次改革一样，明代的一条鞭法的实行也是不彻底的。推行十余年后，即出现了各种的紊乱，多种摊派又死灰复燃，如明末的"三饷加派"，就成了人民的沉重负担。

6. 清代的摊丁入地

历史发展到清代雍正皇帝的时代，我国的税制基本上还是沿袭唐代杨炎发明的"两税法"的基本框架，虽然历朝都根据各自的情况和意愿作了一些修补。明代改得最多，但还是不彻底，漏洞还是太多。最大的弊端就是我国封建社会始终存在人头税和财产税并存的情况。还有就是封建政府赋予权贵人物以免税特权，这个享受免税的富有阶层越来越大，以至到后来连普通的乡绅、吏胥和生员都钻进了免税之列，于是乡村中就出现了"田归不役之家，役累无田之户"的极不合理的现象。

雍正的改革被很形象地称为"摊丁入地"，亦称"摊丁入亩"或"地丁合一"，就是把过去按人头征收的"丁银"摊到田赋上去。它是直接向拥有大量田产的富有者加税，把改革之箭射向统治阶级自身，射向既得利益的庞大集团，阻力之大可想而知。另一方面，无地的农民可以不再交纳丁银了。它完全取消了沿袭几千年的人头税。后世有人说，中国近几百年来人口增长过快，与雍正取消人头税有关，因为百姓"滋生人口"不加赋，所以可以多生孩子。

从理论上说，雍正的改革是对的，只有向那些有钱人征税，财产越多征纳越多，税源才有保证，这显然对封建国家是有利的。当然，到清代后期，腐败横生，内忧外患接踵而至，统治阶级敲骨吸膏式的搜括更是变本加厉、肆无忌惮，有谁还能记起先皇雍正的“摊丁入地”呢？“大清王朝”也就走到了它的历史的尽头。

回过头来审视一下历史，我们就很容易看到：大凡是封建王朝立国之初，都能以富民养民为目标，吏治清明，轻徭薄赋，集中力量发展农业生产，社会经济得到恢复和发展，很快出现歌舞升平的“盛世”景象；接下来就开始腐败了，文官贪财，武官怕死，贪官污吏鱼肉百姓，弄得怨声载道，民变四起，于是就进行“变革”，国家又出现短暂的“中兴”；再往下，积弊复起，愈演愈烈，病入膏肓，不可救治，旧的王朝就被推翻了，新的王朝而代之。如此往复更替，绵延几千年。

四、古代的农学成就



当今之世，世界各国的农业科技进步，主要是由专门的科研和推广机构来完成的。在这些机构里，活跃着一大批学富五车的专家学者，从事着非常高深的分门别类的科学研究。他们在农业科学上的发明成果，转化为推动农业发展的生产力，成为人类共同分享的财富。但是，在漫长的古代社会，还没有专门的农业研究组织，也没有现代意义上的领取工资薪酬的职业农学家，人类如何推动农业科技的进步？答案很简单：依靠生产实践中的经验积累。因此，几千年形成的古代农学体系，被称为“经验农学”。

经验农学是古代先民的智慧结晶，是农学发展史上闪耀光辉的组成部分，是人类重要的文明遗产。即使拿今天所达到的科技高度去衡量，我们依然可以发现，博大精深的经验农学体系中蕴涵着丰富的科学成分，有的甚至值得现代农学继承和弘扬。

经验农学强调人与自然的协调。例如，古代强调“天人合一”，注重资源环境保护，不违抗“天意”。古人只施用自然界存在的有机肥和矿物肥，只通过发现和选择自然变异的优良植株来育成新品种，只利用畜力农具和借助水力、风力推动的机械，全部农具发明都处在“冷农具”范围之内。也许相对于现代的高效农学，经验农学的效率是比较低的，但是它没有现代农学所存在的环境问题、能源问题、食品安全问题、技术安全问题，等等。因此，今天仍然需要回到古人的智慧中去发现持续了几千年的农业文明的奥秘。

在这里，我们重点归纳出古代的十大农学成就。由于世界上多数文明古国的历史文献经历过中断，出现过“缺页”，因此，我们主要以中国的古代农学为中心，辅以我们所能搜集的其他文明体系中的农学成果，揭示出历史尘封之下的古代农学历程。

动植物的选育驯化

将野草选育成作物，将野兽驯化成家畜，将飞鸟驯化成家禽，这是人类文明史最悠远的起点，也是最伟大的文明工程。虽然这个“文明工程”在今天乃至未来仍会不停地延续下去，不断有新的物种成为我们栽培和养殖的对象，但是我们要知道：在古代时期，也就是从原始社会到距今500年之前的漫长时代，人类选育出了今天餐桌上95%以上的食品植物，90%以上的肉、蛋、奶、食品动物和提供毛皮或役用的动物，80%以上的药用植物，以及几乎全部的目前已知的纤维作物。

地球上有30余万种植物，能被人类直接利用的有2 500多种，其中有1 500多种为栽培植物，统称为“作物”。广义的作物包括粮食作物、经济作物、蔬菜作物、果树作物、饲用及绿肥作物、花卉植物、药用植物、经济林木等八大类。狭义的作物（农艺作物、大田作物）是指粮食作物和经济作物。农学教科书上归结为一句顺口溜：“粮棉油、糖菜烟、桑麻茶、果药杂”，即粮食作物、棉花作物、油料作物、糖料作物、蔬菜作物、烟草作物、蚕桑作物、麻类作物、茶叶作物、林果作物、药材作物以及杂项如园林作物、行道绿化防风植物等。我国常见作物有50多个种类上万个栽培品种。作物为人类提供多种多样的食品和生活用品，例如蛋白质、淀粉、糖、油、纤维、燃料、药品、木材、调味品、兴奋剂、维生素、化妆品等，同时还可以保护和美化环境。

古人当然还不知道生物的世代繁衍，是由于每个物种都携带有特定的生命密码，称为双螺旋体（DNA）。在繁育后代时，这个密码有两个作用：一是遗传，二是变异。遗传是主体，是必然；变异是局部，是偶然。

遗传是保持物种延续的保障，就是种瓜得瓜，种豆得豆；就是龙生龙，凤生凤。没有遗传，这个世界就全乱套了。变异是进化，没有变异，生命就被固化了，就停滞了，变异可以增加生命在自然环境中的适应性。变异是局部的、不定向的，它使生命具有了“万向适应”的可能，然后由自然界来作出“适者生存”的方向性选择。例如，达尔文在《物种起源》一书中说，长颈鹿的脖子原本与其他食草动物并无两样，只是在它们生活的海岛上，丛林里的树木因气候变暖而非常缓慢地渐渐升高，以这些树木的叶子为主食的原始鹿中的某些个体的脖子也会缓慢伸长。缓慢伸长脖子的野鹿吃到叶子的机会多一些，生长得更健壮一些，由于营养比其他的鹿妈妈好，繁殖出来的后代也更强一些。多少个世代过去之后，这个岛上就只有脖子长长的长颈鹿能够存活下来。这就是物竞天择的道理。

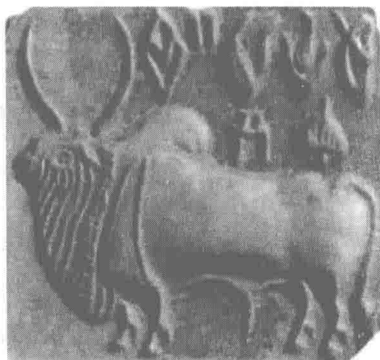
古人对作物的选育，其实只是把“物竞天择”改为“物竞人择”了。以玉米为例

说明如下：

玉米原产于中美洲，那里的玛雅人大约在公元前 4500—5000 年就开始了对玉米的“定向选择”历程。虽然进化的过程和细节已经无法得知，但是当代分子遗传学已经能很容易地对生物的亲缘关系作出科学的鉴定，如同医院作亲子鉴定一样。遗传学家将在墨西哥山区搜集到的一种野草“假蜀黍”和玉米进行基因组比对，发现它们的基因组仅仅有几个区域不同，这就证明玉米起源于假蜀黍。也就是说，假蜀黍只要通过少数基因变异，就能变成玉米。当然，依靠自然力促成“基因变异”是非常缓慢的，也非常偶然。但是，只要玛雅人总是选择穗棒大一些的玉米作为下一年的种子，年年如此，代代如此，这种坚持和执着就能够改变物种。到 1492 年哥伦布在古巴发现玉米时，它已经和今天食用的玉米相差不远了。1494 年哥伦布把玉米带回西班牙后，辗转传遍世界各地。这就是野草变作物的历程。

经过同样的过程，1 500 多种作物先后被选育出来了。比如，西红柿原本是南美洲热带丛林里的藤蔓植物，被玛雅人选育成遍布世界的果蔬兼用的主要作物。同样是世界普及的卷心大白菜，原先是生长在中国江淮平原湿地上的“小草”，经过中国先民不断的定向选择，加上人工捆扎防冻的小措施，不知经历了多少世纪，到宋代时就成了自然卷心的大白菜。总的来说，这是一个持续进行了上万年的漫长而伟大的育种“工程”。

野生动物在被驯化选育的过程中，“人择”所起的作用要比植物大得多。虽然从动物的形态上看，野生种与家养种的差异并不像植物的植株变化那么大，但是在内在的性状和习性上二者有天壤之别。例如，把野猪驯化成肉用的家猪，选育的目标首先是产肉更多、肉质更好，在此基础上还要容易饲养、适应性强等。古人根据这个目标，会尽可能地选择符合目标的公猪和母猪进行交配，并且根据杂交后代的生长情况进行再选择，采用群体继代选育法进行持续的定向择优选育，最后就育成了许多品质优良、性状各异的良种猪。当然，古人不知道杂交合成、横交固定、闭锁繁育、继代选育等现代育种学名词，但是他们在漫长的生产实践中摸索出来的办法已经比较符合现代科学的原理。通过定向目标选育的办法，各个农业文明中心都先后独立育成了特定的家畜。例如，印度河流域的古代先民为了选育水田耕作的力气大的役用水牛，从河流型的野生水牛中定向选育，最后育成适合水田挽犁的“摩拉”水牛良种（图 2-29）。西欧的荷兰


图 2-29　古印度刻有牛的哈巴拉印章 [L]

人育成了产奶量高的奶牛品种，中亚人育成了适于草原征战的战马。

最有意思的是，古代的各国宫廷分别育成了憨态可掬的各种宠物。古时候，饲养宠物是王爷贵族的专利，不像今天，公寓里的大妈大爷都能饲养。宠物的驯化，可能要比战马的选育更难，历时更长，因为它对野生动物的性状、习性甚至形态的改变更大、更多，比如育成千姿百态的宠物猫、宠物狗、宠物金鱼等；而战马的标准比较外化，在野马群的奔跑中即可识别而套取。

植物无性繁殖技术

我们在前面说的植物品种选育，主要是用于草本类的谷物、蔬菜、药材等类型的，如果是木本的果树，上面的办法有时就不适用。木本植物与草本植物的繁殖生长有许多不同，比如，木本果树生长周期长，从幼苗到盛果一般需要 5—8 年，有的更长，如橄榄、核桃、银杏等需要 10 多年才能结果。另外，有的水果植物，用种子繁殖的后代变异很大，不能保持人类对水果品质的特定要求，比如，本来又甜又脆的苹果，如果用种子实生苗繁殖，它的后代结出的苹果可能完全不是原来的口味了。有意思的是，世界各地的原生态农业文明古国，都不约而同地发现了水果植物的这个特性，所以近乎同时独立发明了果树的无性繁殖技术。

所谓无性繁殖，就是不通过交配生育而获得后代，只用原有的生物体的一部分甚至一个细胞繁殖后代的繁殖方式。在古代，还没有发明当代的“组织培养技术”和“细胞克隆技术”，所以，古代的无性繁殖只能应用于植物，不像今天也可以运用于任何动物甚至人类。

果树无性繁殖的方法有四种，即扦插、压条、分株和嫁接。

扦插是最早发明的无性繁殖办法，也是最简便的方法。它是直接从果树上剪取一段一两年生的嫩枝条，插入土中让其生根发芽的技术。我国在公元前 2 世纪左右发明了这种方法，当时主要用于石榴枝条的扦插。中国古籍中给扦插技术取了个很雅的名字，叫“鹤膝”。在古巴比伦、古埃及，扦插比我国更早用于葡萄的繁殖。我国民间常说的“无意插柳柳成荫”，就是这种繁殖技术。汉代时，我国从西域引进了葡萄，也用这个办法繁殖，而且有所创新，做法是将 1 米多长的葡萄蔓圈成一个小圈，然后埋入地中，这样能同时长出许多枝蔓，只需一两年，这株葡萄就能长成大棚，而且“粒大如枣”。

压条与扦插不同的是，它需要让枝条在母树上生长出根须后再剪下种植，其技术要求更高一些。古代的压条技术分两种。一种是屈枝压条，就是将果树下部嫩枝条的欲使其生根的部位压进土壤的泥沟中，用木钩桩固定起来，再用泥土回

填土沟，浇水使土壤润湿适宜。枝梢露于地面上，让其继续生长。次年春天，压于土中的枝条已经长出根须，此时可截下定植，长成新植株。另一种是空中压条，用于那些扦插不易生根，而树形又高大不便屈枝压条的果树，比如南方的荔枝树，就要采用空中压条的办法来繁殖。具体做法是，在每年的秋天收果之后，选择果树欲分枝的枝条，稍微划伤欲生根处的树皮（目的是让更多的营养物质停聚此处以便满足生根需要），然后用牛羊粪包裹，外面再包覆草纸，用麻线将粪团扎实绑牢。如遇天旱，其上方可挂一个盛水的大葫芦或者大竹筒，其底钻一个小孔，使水慢慢滴下，保持粪团的润湿。来年长出根须，截下栽种。我国在北宋时发明这种办法。压条繁殖多用于苹果、荔枝、柑橘等果树。

分株繁殖就是将植株可生根的部分截下种植的办法。具体的形式很多，例如，果树的根部蘖芽繁殖，香蕉的肉根吸芽繁殖，红薯、马铃薯的块茎分割繁殖，还有竹子、莲藕的地下茎芽繁殖等。这种方法比较简单，使用比较普遍。我国古代于公元 4 世纪开始使用，西欧和南亚早于我国开始使用。

最后是嫁接繁殖，这是无性繁殖的高级形式，也是直到今天仍在普遍使用的古老技术。嫁接的实质就是将两种或者两种以上的果树连接到一起生长。

嫁接的三种基本形式是："多根养一蔓"的靠接，"一根养数枝"的芽接，以及"一根支一树"的枝接，如图 2-30 所示。日常见到的嫁接方式很多，都是从这三种基本方式衍生变化而来的。现代经常用"一根养数枝"的芽接来更新过时的果园树种，例如在原有的果树上接上新培育的更加优良、更受市场欢迎的新品种的树芽，一两年后，这个果园就成为新品种果园了。枝接需要对砧木和接穗进行技术处理，接口的嵌接方式很多，是现代生产实践中采用最广泛的嫁接方式，比如香榧的嫁接就是采用这种方式。

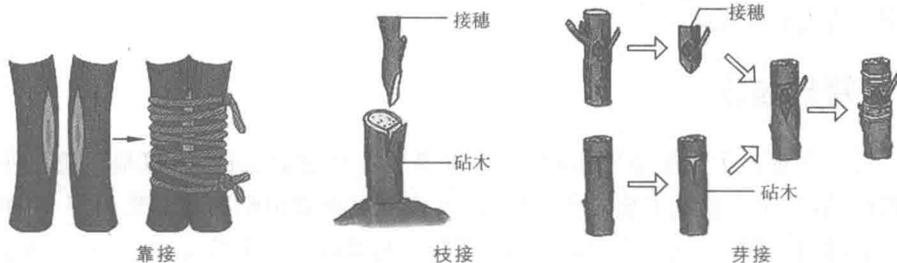


图 2-30　嫁接的三种基本形式

东汉崔寔的《四民月令》里讲到用"栗树"与"栎树"嫁接，所用方法都是芽接；在古罗马时代的农书里也可看到果树嫁接的记载。因此，嫁接这项沿用至今的重要技术的发明权，应当由古罗马帝国和汉帝国的农学家们一道分享。

相畜术——古代的家畜外形鉴定学

植物可以通过定向选育和无性繁殖来培育新品种，动物怎么选育新品种呢？古人自有办法，那叫相畜术。“伯乐相马”(图 2-31)说的就是这种技术。


图 2-31 伯乐相马雕塑［W］

相畜术就是通过对家畜、家禽个体的外形、体态和神情的观察，以鉴别选择优良品种的技术。相畜术的起源，肯定是缘于经验。比如，什么样的战马最好？经过长期的战场厮杀考验，将军们逐渐对胯下的坐骑有了认识，于是就总结出一些经验，作为下次遴选应征战马的标准。久而久之，慢慢就条理化而上升为理论，作为一个独立的动物育种学科——相畜术就产生了。中国以相马闻名于世的术师有一大批，伯乐之外，还有九方堙、黄直、陈君夫、马援，等等。甚至还有只相马的某个部位而出名的术师，如寒风相马的口齿，麻朝相马的面颊，子女厉相马的眼睛，许鄙相马的肘部，投伐褐相马的胸胁，管青相马的肛肠，陈悲相马的股脚，秦牙相马的前身，赞君相马的后部，等等。可见相术分工之细、之专业。具体的相马标准内容繁多，且古奥难懂，在此恕不罗列。

因为古代马匹用于战争，关系国家安全，有如今日的重型武器，所以相马术十分盛行。此外，也有相其他家畜、家禽的专家，如宁戚和荥阳褚氏相牛，无名氏相犬，留长孺相彘。还有相鸽、鸭、鹅等禽类的。总之，古代的动物良种选育，主要是通过外形观察而作出选择的，虽然不一定符合科学原理，但是作为一种经验判断，应当包含有合理的成分。

栽培管理技术

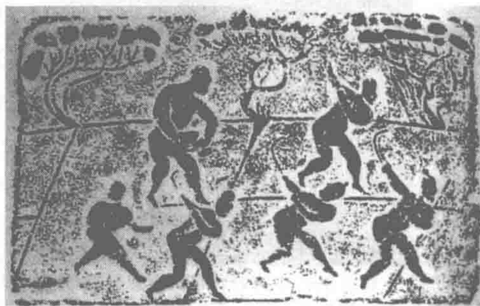
既然选育出了那么多的作物品种，就要设法让它们长得好，以提供更多更好的农产品，满足人们的衣食之需。因此，古代先民对农田作物的栽培管理，可谓精细有加，精耕细作。在这方面，中国古代当之无愧地领先于世界，因为中国从战国时代起就已经能够实行连作制，后来还发展到一年多熟制、间作套种制。总之，就是想方设法让有限的土地高产稳产，因为中国自古就有人多地少的情况，需要最大限度地发挥土地的生产效率。而同时代的西欧和南亚文明却没有达到精耕细作的程度，西方国家甚至到中世纪时还有实行三圃制的，每年至少有 1/3 的耕地

休闲不耕。

中国古代的农业生产特别强调“三宜”原则，即要求做到“物宜”、“时宜”和“地宜”。早在先秦时代，人们就认识到在一定的土壤气候条件下有相应的植被和生物群落；而每种作物都有它所适宜的环境，否则就会发生“橘逾淮北而为枳”的环境不适。

在汉代，中国人发明了作物种子的包衣技术，当时称“溲种法”。在播种前，先用粪肥浆液包裹种子表面，晾干后再播种。这样处理的好处是，种子表面的粪肥层容易吸附水分，有利种子发芽；另外，种子发芽生长初期获得了充足的粪肥营养，苗齐苗壮，为高产打下基础。

对作物的中耕、除草和施肥，中国古人也是不遗余力，周到入微(图 2-32)。对水稻田，甚至有蹲到水中除草松土的做法。而在西欧，到中世纪发明“条田”耕作方法后，人们才进行中耕除草，当时还没有提到中期追施肥料的。可见，在田间管理上，中国古人也领跑了一千多年。


图 2-32　东汉芟草播种画像石 [R]

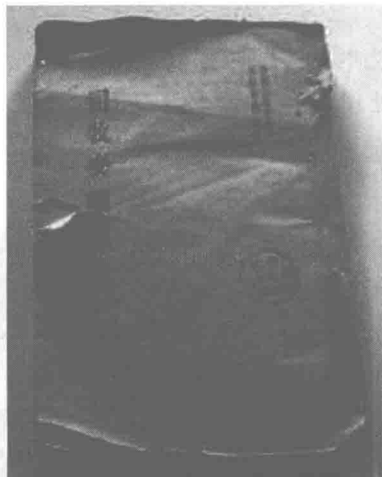
对特殊的蔬菜、果树作物，也会按其特殊的要求采取相应的田间管理办法。比如，作物的冻害防御技术、整枝理蔓技术、防病除虫技术，园艺花卉的调节花期技术，果树上疏花疏果和剪枝整形技术，等等。这些技术的合成，就构成了中国古代的精耕细作体系，它是人类农业遗产中最辉煌的部分。

饲养管理技术

同样，动物驯化出来之后，也要精心饲养管理，以使它们健康成长。中国古代驯化饲养的禽畜种类有 20 多种，每种禽畜都有特定的饲喂管理要求，因此特别精细繁琐。5 世纪的《齐民要术》总结说：服牛乘马，量其力能；寒温饮饲，适其天性。怎么才能达到这个管理要求呢？当时制定了饲喂的标准：食有三刍，饮有三时。就是喂食时要做到粗料、细料、生鲜料合理搭配，喂水也要分早、中、晚三次投放，而且每次的喂水量都不同。这是对所有的牲畜的饲养要求，对于不同品种则分别有相应的技术措施。

对禽类的管理，中国古人首先发明了人工孵化技术。本来在自然状态下，禽类是能够自行孵卵的，但是在人工饲养的情况下，有的禽类孵卵育雏的功能慢慢

退化了，例如鸭和鹅；有的禽类虽然还能自行孵卵，但是每次孵化的数量少，不能满足生产需要。因此，中国古人发明了人工孵化技术。当时条件下，不仅需要掌握禽卵孵化的各个发育阶段的温度要求，而且需要在温控操作上能够调整温度的变化。因此，这在古代是一项先进技术。


图 2-33　中国古代兽医名著《司牧安骥集》［W］

又比如，动物生长过程中容易生病，这是饲养管理上的大问题、大难题。这方面，世界各个文明古国都有一些有效的防治技术，特别是对战马的医治，被提到很重要的位置。中国的传统兽医在古代也领先世界（图 2-33），其中博大精深的药方和医术，我们甚至都不能准确地复述出来。总之，从几千年的实践效果看，古代的兽医技术是有效的、管用的。

这里特别要向读者提到的是，在早期文明中，世界各国几乎同时发明了雄性动物的阉割去势技术。经阉割后的雄性大家畜，性情更温顺、更耐劳，而且更易饲养。桑蚕的驯化饲养是中国人的发明，公元前后传到世界各地，形成了一条传颂千古的丝绸之路、友谊之路。蜜蜂是古人食糖的主要来源之一，两河平原南端的苏美尔人最早饲养了蜜蜂。在苏美尔人之后，古埃及人、古印度人、古罗马人、古代中国人都不约而同地饲养了蜜蜂。古埃及人和古罗马人还用蜂蜜酿出了甘醇的蜂蜜酒，制作了许多蜂蜜调制的甜品美食。

这里我们还说一下中国古代的淡水养鱼。据考证，世界上养鱼的民族很少，捕鱼的民族却很多。池塘养鱼技术应当是古代中国的发明。据说，古代中国的养鱼始于周代帝王的苑囿之中，可能最初是作为观赏宠物来饲养的，后来就变成民间的生计产业。到春秋战国时代，养鱼已经比较普遍了。养鱼的关键技术是鱼卵的采集和孵化，因为自然界中鱼类的幼苗很难集中采获。中国古代主要饲养青鱼、草鱼、鲢鱼和鳙鱼，号称四大家鱼，实际上饲养的种类并不止这四种，鲤鱼、鲶鱼、鲫鱼也是常见的池塘鱼种。

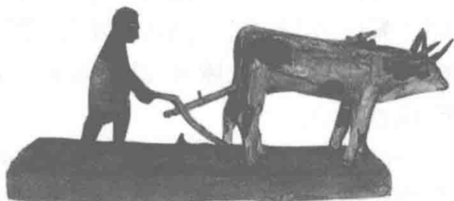
农具制作技术

从我们的远古先祖伸手折下一根树枝作为采摘或猎取的辅助物的那一刻起，工具就算是发明出来了，只是我们不知道是谁最先折下第一根“文明的木棍”。同样，某个地方的一个远古先祖，偶然俯首拾起一块石片，用于挖掘地里的植物块

根，或用于切断植物藤蔓，或用于打击野兽猎物，人类的第一块“文明的石片”后来演变成一系列农具，如耜、镰、锄、犁，等等。

金属农具出现以前，人类都是就地取材制作农具，其材料有石块、木棍、蚌壳、骨片、鹿角、藤索等。其中木质农具已经腐朽不存，现在博物馆里还可见到各种石器、骨器和鹿角制作的远古农具实物。两河流域和埃及的先民们最早进入金属时代，他们最先发明了青铜农具，接着又发明了铁农具。古代中国虽然没有赶上最早的金属时代，但是我们的祖先还是后来居上，在整个古代时期，中国的农具种类最多、品种最全、用途最广。为什么会出现这种情况呢？这是因为古代中国的农业是精耕细作的农业，而且地域辽阔，生态环境各不相同，需要用到的农具样式很多，以适应不同的农业生产需要。

古代农具是一个非常复杂的体系，单是从农具的用途区分，就可以列出一长串的名单来。例如，整地农具有耒、耜、犁（图 2-34）、锄等数十种；播种农具有耧、窍瓠、秧马等 10 余种；田间中耕农具有耘荡、漏锄、耨镈等几十种；排灌农具有桔槔、辘轳、翻车、筒车等；收获农具有铚、镰、艾、钐等；脱粒农具有连枷、笐架、飏扇、簸箕等；加工农具有杵、臼、磨、碓碾、砻等。此外，还有劳保工具、渔具、蚕具、茶具茶器，等等。


图 2-34　公元前 2000 年古埃及的牛耕模型［Q］

在古代中国的农具体系中，有几件重大发明影响深远。一是播种用的耧车，古代也叫耧或耧犁，是一种用畜力牵引的播种器。这项发明领先世界其他文明至少一千年，欧洲在中世纪结束时才使用形制与耧车相似的马拉条播机，历史学家们认为这种条播机受到了耧车的启迪。二是我们的祖先在汉代发明的畜力碓和水力碓，到魏晋南北朝时又发明了机构复杂的水力“八磨”。三是犁头上翻土用的犁壁，犁头上安装了这个翻土板以后，能够使田土产生翻转，表土被压到下面，把原来附着在地表的杂草种子、幼苗和害虫的虫卵翻压到田土的底层，这样就能减少田地的杂草、害虫，明显减轻中耕除草的劳动强度，还能提高产量。西欧在引进这项发明之前，他们的犁是只能松土不能翻土的。

中国古代有一句格言：“工欲善其事，必先利其器。”这个“器”指的就是生产工具。历史上每一次“民富国强”局面的出现，都是从“利器用”开始的。我国传统农具在农业发展史上占有极其重要的地位，有过许许多多的重大发明创造，这些传统农具不仅在中国文明发展中起过重要作用，其中有一些还流传到了周边国家甚至远传西欧，对世界农业文明的进步作出了贡献。

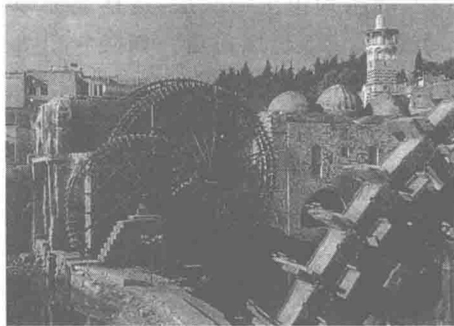
水利灌溉技术

古史传说，我国最早开展治水活动的是共工氏，据说他是神农氏的后裔，擅长农业生产。他的氏族居住在今天河南辉县一带，这里处于黄河出孟津以后的开阔地带，经常受到洪涝的威胁。史书上这样描述他的氏族的居住环境："共工之王，水处什之七，陆处什之三。"共工采取"壅防百川"的办法，修筑堤埂以防河水泛滥，取得了一定的成效。因其治水有功，在一次部落联盟会议上被推举辅佐帝尧执政。"共工氏以水纪，故为水师而水名"，他应当算作是当时有名的"水利部长"了，他的孙子后来也曾辅助大禹治水。与共工齐名的另一位治水人物是大禹的父亲鲧(音"滚")，鲧的居地在崇，即今河南嵩山一带。史书上说："鲧陻洪水"、"鲧障洪水"、"鲧作城"等等。这里的"陻"、"障"、"城"三字，说明了鲧采取筑堤围堰的办法来治水。但是，筑土障水，洪水无处渲泄，结果是堤高水涨，水害未除。鲧治水多年，没有成功。

大禹总结了父亲鲧治水失败的教训，采取了疏导泄洪的办法："决九川，距四海；浚畎浍，距川。"大禹又创造性地吸收和改进了父亲"陻洪水"的经验，在"疏川导滞"的基础上加以"陂障九泽"的措施，即在疏浚河道、导流入海的同时，配以蓄水滞洪、减轻洪灾的做法，获得了很大的成功。

春秋时代，我国最早的一个大型蓄水灌溉工程——芍陂就在寿春(今安徽寿县)开工兴建。这个水利工程溉田万顷，使寿县一带成为楚国的重要产粮区。战国末年，蜀守李冰在灌县岷江上修建了大型分洪、灌溉工程——都江堰，时至今日，都江堰历2000余年而不废，成为世界水利工程史上最辉煌的奇迹和最伟大的杰作。

在关中地区，战国后期至秦汉时期，相继修建了郑国渠、白渠、六辅渠、灵轵渠、漕渠、成国渠等一系列大型水利工程，从而使关中地区的灌溉面积大大增加，使号称"八百里秦川"的关中地区成为沃野千里、"衣食京师亿万之口"的重要经济区，成为我国封建社会政治经济和文化的中心。此后，我国历朝历代都不断兴修水利，保障了千百年来的社会安定和农业丰收，为中华民族的繁衍生息作出了贡献。


图 2-35　位于叙利亚哈马的罗马时代水轮［C］

但是，在世界文明史上，我国的水利工程属于后来者，因为古巴比伦、古埃及的水利建设都早于古代中国。大家知道，世界上古的农业文明，大多起源于大河流域，因此早期的文明古国都十分重视农田水利建设(图 2-35)。为了兴建水利工程，

需要进行精密的测量和测算，由此又促进了文明古国的数学进步，古巴比伦、古埃及、古印度的早期数学成果都影响了人类的文明进程。

虽然我国古代的水工建设没有在数学上取得影响世界的成果，但是我国在水利工程的建设实践中总结出的行之有效的水利工程技术，同样为人类文明进步作出了重要的贡献。简而言之，大致包括如下三类：

一是勘测技术。古代在水工勘测方面，主要有“表”、“准”、“度”等。史书记载，西汉元光六年(公元前 129 年)开凿渭南漕渠时，“令齐人水工徐伯表”。什么叫“表”？古人对这个概念有很浅明的解释：“表者，巡行穿渠之处而表记之。”显然，表就是对灌区渠道勘测定线，树立标桩。而“准”，就是观测地形高下，类似于现今的水准测量技术，故有“观地形，令水工准高下”的说法。至于“度”，则是勘测地势、地貌和水源等综合情况，做出工程兴建与否的决定。勘测技术的发明与完善，为大型水利工程建设特别是远距离渠道调水工程，提供了可靠的技术保证。

二是工程技术。随着各种形式灌溉工程的兴建，水利工程技术取得了长足进步，出现了井渠、飞渠、涵洞、闸门以及多种多样的坝堰等。农田灌溉所需的取水、输水、蓄水和防水等设施，都达到了较高的水平。仅以堰坝而言，就有壅水坝、分水坝、挡水坝等多种；而以建坝的材质区分，有土坝、木坝、草土坝、竹笼石坝、桩基堆石坝等。

三是组织与施工。我国古代的“水利工程部长”被称作“司空”。“修堤梁，通沟浍，行水潦，安水臧，以时决塞。岁虽凶败，使民有所耕艾，司空之事也”。司空还常常“令习水者为吏”，即选派熟悉水利工程技术的人员担任水官之职。水官负责水利工程的组织领导和民工调配，而工程的规划、设计和施工则由“水工”承担。这里的“水工”不是修建水利的民工，而是水利专家，如上文提到的韩国水工郑国、齐国水工徐伯等，都是当年著名的水利工程专家。

总之，数千年来，我国各族人民为开发农田水利，抵御旱涝灾害，促进农业发展，因地制宜地发明了众多的水利工程技术，这是中华古代文明的重要组成部分。

温室种植技术

说起温室种植(图 2-36)，我们有必要向读者更正《大不列颠百科全书》第四卷关于“温室的历史”的一段讹误。这部以传播知识为己任的权威工具书在这个条目中解释说：“发生于公元 17 世纪的温室是一种保护幼嫩植物、抗御



图 2-36　温室栽培［W］

酷暑和严寒的有一定比例窗口的简易砖木建筑。其中有某种人工加温办法，它是植物抗拒灾害性气候的避难所。到了公元19世纪，由于透光玻璃降价和人工加温办法日益完善，温室就变成了人工控制的小气候环境，从而在英国得到广泛的发展。”

显然，这个词条的编撰者并不了解东方文明，也不了解中国古老的农业史，因为在公元前2世纪的中国古籍里，已经赫然记载了当时的温室技术。也就是说，中国的温室设施比西欧早了将近两千年。只是中国这个关于温室的最早记载与秦始皇“焚书坑儒”的悲惨事件相关。

汉代学者卫宏在《诏定古文官书序》说：“秦既焚书，患苦天下不从所改更法，而诸生到者拜为郎，前后七百人。乃密令冬种瓜于骊山坑谷中温处。瓜实成，诏博士诸生说之，人人不同，乃令就视。”翻译成现代白话，大意是：秦始皇焚书之后，恐天下不服从更改的法令，于是就把各地的儒生召集到京都来，每人都封个侍郎的官职，共来了700人左右。这年冬天，秦始皇密令在骊山的温泉处种瓜，果然瓜蔓结出瓜来了，就在京中对儒生们说，当然大家都不信冬天能结出瓜来，于是就让儒生们到骊山去实地查看。这时，秦始皇就把去骊山的儒生全部坑杀了。这就是我国在北纬35°的骊山冬季种植甘甜瓜的记载。首先，这是与“坑杀几百儒生”的大事件相联系的，记述当有依凭；第二，冬季种瓜的技术应当此前已经出现，否则秦始皇也不会凭空下令去做；第三，虽然瓜地是在骊山温泉处，但是不可能在零下十几度的地方进行露地栽培，否则在生长季节的阴雨天特别是夜间很难保温。所以，虽然记载中没有说到温室这个词，但是在温室里种瓜应当是事实。

当然，中国古代温室栽培记载并不只有这一个孤例。温室栽培也见于稍后的汉代宫廷中，《汉书》说，西汉时政府的“太官园”在菜圃上“覆以屋庑”，“昼夜燃蕴火”，冬天种植“葱韭菜茹”。这里就说得比较明白了，它有“屋庑”，并且生火升温，冬天种植瓜菜。需要回答的是，这个温室的屋顶用什么来覆盖以达到透光且保温的效果呢？后人考证，汉代时，我国丝绸业非常发达，是出口的大宗产品，用整匹的白色丝绸涂上植物油，就能成为温室屋顶的覆盖材料。

到唐代，温室栽培的技术已经很成熟了，规模已经很大。有个记载说，唐代的中央农业部“司农”被要求向皇室的御膳房供应冬菜2 000车。后来逐渐向民间扩散，有的地方就利用附近的温泉水培育早熟瓜果。唐代诗人王建的百首《宫词》中的一首写道：“酒幔高楼一百家，宫前杨柳寺前花；御园分得温汤水，二月中旬已进瓜。”

北宋时，都城汴梁（今河南开封）的街市上，十二月还到处摆卖韭黄、生菜、兰芽等，这些“非时之物”显然不是露地栽培所能生产出来的。南宋临安（今浙江杭

州)郊区马塍地方,将温室推广到花卉栽培,当时有个专门的术语叫"堂花术"。元代的王祯《农书》也有温室囤韭黄和培育菜苗等的记载。

直到明清时,北京城郊的菜农、花农们还普遍采用简便易行、费用低廉的窖藏火暄法来生产蔬菜、花卉。冬月严寒,掘土地五至八尺作窖,亦可利用废旧灰池坑洞,把要栽培的花或菜种植或移植于窖内。以马粪燃蕴火。"冬月尽三季之种",果蔬献非时之珍。

由上可见,中国应当是最早发明温室技术并传承推广的国家。

粮食仓储技术

春种、夏耘、秋收、冬藏是农业生产的周年农事活动,粮食储藏是其中的重要一环。人类最初的粮食储藏是为了满足越冬需要,在发明农业之前的采集经济时代,原始人类就发明了窖藏或堆放的储粮方法。后来粮食生产日渐发达,余粮渐多,储粮方法也随之改进提高,有了陶瓷缶罐储粮、囤围储粮、仓廒储粮等。

在粮食储藏的基础上进一步发展出了粮食储备。储藏只是粮食保存方式,储备则是为了保证灾荒、战争、社会动乱等异常状态下的粮食供应。我国历朝历代都重视粮食储备。早在西周时期,人们就已经意识到了储粮的重要作用,《礼记·王制》说:"国无九年之蓄,曰不足;无六年之蓄,曰急;无三年之蓄,曰国非其国也。"

在新石器时代,仓屋贮粮技术已经获得较大范围的普及应用。从我国郑州的大河村遗址、西安的半坡遗址中,都可看到居室地面的防潮处理痕迹,有的还做了墙壁的防潮处理。考古学家认为,这种防潮处理的作用主要是为了堆存粮食的需要。

古时候,储藏粮食的仓屋和地上住房并没有多大区别,二者可兼而用之。在不少的遗址内,发现了较大规模的储粮窖穴,既有分布于居住区内的成组或成片的粮窖群,也有单体的大型粮窖。例如,在浙江的河姆渡遗址中,发现了堆积达50厘米厚的稻谷。从这些数量较大的储粮规模看,我们可以推断,当时已经从家庭储粮向氏族社区储粮发展,因为一个家庭不可能有多达数立方米的越冬粮食剩余。

当粮食剩余更多时,就发明了储粮量更大的专用设施。这时候,席、围、囤、垛的储粮方式就应运而生了。席、围、囤、垛的编造材料是各地农村中随处可得的木、竹、藤、麻等,容易建造并且成本低廉,因此长期成为农村的主要储粮方式。

仓廪储粮是储粮技术的完善和提升。在古代,仓和廪是有区别的两个概念。



图 2-37 入仓图［W］

战国时代的《礼记·月令》说："谷藏曰仓，米藏曰廪。"可见，存放未经加工的谷物原粮的叫"仓"，存放加工好的可食用的米面的叫廪。仓廪合称，就统指藏粮之所，后世统称粮库或粮仓(图 2-37)。

我国历史上，官办粮仓主要有太仓、转运仓、常平仓等。

太仓是设于京都的封建王室的粮仓，即所谓的皇家粮仓。其职能主要是供应皇室粮食和京官俸禄。

转运仓是在运河沿线节点兴建的粮仓。其职能是向太仓转运粮食，同时也收储漕运粮食。

常平仓是国家粮食储备仓。其职能是调节粮食供求，平抑粮食价格，维护农民利益。

转运仓又叫中转仓、水次仓、转输仓、转搬仓，是中国古代为转运存储漕粮，在运河或自然河流沿岸设立的国家专有粮食仓库。转运仓在设立初期只具有存储转运的功能，随着管理制度的日臻完善，逐渐兼具赈灾、救济、平抑粮价、填补漕粮缺额、拨付军需用粮和水利工程用粮等功能，成为事实上的中央直属粮库。

历史上有过许多著名粮仓，有的相沿使用了几百年、上千年，有的至今还有遗迹可寻，影响久远。

清初，承接了明朝遗留的 7 座皇家京仓，它们均集中在北京朝阳门附近，分别是海运仓、北新仓、南新仓、旧太仓、兴平仓、富新仓、禄米仓。乾隆年间，又扩建了万安仓、太平仓、裕丰仓、储济仓、本裕仓和丰益仓等 6 座京仓，习惯上合称"京师十三仓"。此外，在通州漕运中转码头还有 2 座中央粮仓。因此，史上所称的"京通二仓"，实际上是京城和通州两处中央粮库群的统称，两地共有大型粮仓 15 座。现今保存较好的平安大街东头的南新仓是清代 15 座京仓中的一座。

我国的粮食储藏技术发展早，体系完备，对于中华民族的繁衍生息发挥了重要作用。古代的粮仓，通常都有良好的通风、防潮、防虫、防雀、防鼠等的设施机关，能创造出适宜的储粮环境，延长粮食的储藏年限。

园林养护技术

几乎所有的世界文明古国，都有过非常宏大、精巧的王室园林建筑，例如，巴比伦的空中花园以及在它北面 500 千米的亚述王国都城尼尼微的皇家园林，还有

中国秦汉时代的皇家园林上林苑，等等。需要说明的是，园林营造技术并不在经济学意义上的“农学”范围内，但是这类园林建筑是古代农学技术的集大成者，它们几乎运用了当时植物栽培和动物饲养方面的所有前沿技术，是一个时代的农学水平的代表和标志。因此，我们在这本讲述“农学史”的书中给“古代园林养护”留出了一些篇幅。当然，我们关注的只是与园中的动植物有关的技术。

巴比伦城位于地中海之东、波斯湾西北的幼发拉底河河畔，在现今伊拉克首都巴格达以南约90千米，是巴比伦第一王朝、加喜特王朝、新巴比伦帝国的首都以及后来波斯帝国的行宫之一。公元前331年，又成为马其顿帝国的东方首都。亚历山大死后，巴比伦城逐渐淡出历史舞台。

史上传说，巴比伦空中花园(图2-38)是新巴比伦国王尼布甲尼撒二世为其爱妃安美依迪丝修建的。这位王妃的家乡在北方山国米底，她不习惯巴比伦炎热干燥的气候和单调的平原景色，经常思念家乡的青山绿水。为了博得王妃的欢心，尼布甲尼撒二世下令在巴比伦城中建立起立体式的“空中花园”。当然，也有人认为公园在巴比伦以北500千米的尼尼采，是亚述国王所建，但这并不重要，重要的是这个园林确实存在过。

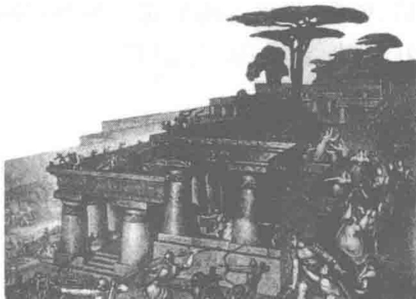


图2-38　巴比伦空中花园［M］

由于花园比宫墙还要高，给人的感觉像是整个花园悬挂在空中，因此又叫“悬苑”。当年到巴比伦城朝拜、经商或旅游的人们老远就可以看到空中城楼上的金色屋顶在阳光下熠熠生辉。所以，到公元2世纪，希腊学者在品评世界各地著名建筑和雕塑时，把“空中花园”列为“世界七大奇观”之一。

当年巴比伦人把土铺在地下小屋坚固的拱顶上，层层加高，栽种花木。灌溉用水是依靠地下小屋中的压水机源源不断供应的。考古学家经过考证证明，那时使用的压水机的原理和链泵基本一致。它把几个水桶系在一个链带上，与放在墙上的一个轮子相连，轮子转动一周，水桶就跟着转动，完成提水和倒水的整个过程，水再通过水槽流到花园中进行灌溉。

在这个世界上最早的王室公园里，植物是在离开地面相当高度的人工环境中种植的，这需要很多关于植物生长的知识，并能有效控制它们。比如施肥，在土层有限的情况下，植物很容易发生营养元素缺乏或失衡，影响生长甚至枯萎死亡。因此，园林植物的养护技术要求相当高，然而巴比伦的农学家和园艺师们成功地做到了。

中国秦汉时代的上林苑虽然在建园年代上比巴比伦的空中花园晚，但是在规模和功能上却远非后者所能比拟。据记载，这个苑囿“方三百四十里”，内有离宫别苑三十六座（一说七十座），山峦起伏，密林遍布，水面浩荡，浑然天成。园中的大湖名“昆明池”，曾是汉军水师操演战船之所，湖面之大，可想而知。园中种植了来自各地的奇特花木 2 000 余种，还有各友邦赠送的“生犀、白雉、巨象、狮子、猛犬、大雀之群，食于外囿”，“奇兽珍禽，委积其间”。此外，武帝时猎获的白麟、来自马来西亚的白貘，都饲养于园中。饲养那么多来自不同国家的珍禽异兽，涉及动物饲养方面的营养学、环境学、疾病兽医学以及繁殖育种学等方面的专门知识。管理如此规模的动物园，即使在科学昌明的今天，都不是轻而易举的事情。

在当时的都城长安，要让那么多南方植物如菖蒲、山姜、肉桂、龙眼、荔枝、槟榔、橄榄、柑橘等能够安全越冬，种植它们的“扶荔宫”肯定是非常高大且保温良好、维护方便的巨型温室。

五、古代农学的传播



我们在前面分别叙述了各个文明古国的农业发展史，这种叙事方式容易让读者产生一种错觉，似乎文明都是独立产生和发展的。其实真实的历史并不是这样，它们之间存在着频繁的、紧密的联系。人类文明是在相互借鉴、相互促进，有时甚至是在相互战争中扩散、传播和传承延续的。交流和融合是文明进步的原动力和发动机。

农业之所以被称为农耕文明，是因为它第一次从本质上改变了人类的生存方式，即从过去的食物采集者变成了食物生产者。但是，地球上并不是各个地区同时发明了农业的生产方式。文明早期，在北半球的亚欧大陆，基本上是以兴安岭、燕山、阴山、祁连山、昆仑山、兴都库什山、扎格罗斯山、高加索山和喀尔巴阡山的东西连线为农牧分界线。这条线以南是最早形成的农耕区，以北则基本上是游牧区，有的甚至还处在原始狩猎阶段。而在美洲和南半球，除了南美洲存在玛雅文明的局部地区之外，美洲大部、澳洲和大洋洲基本都处于原始社会阶段。

可是随着历史的演进，我们发现，农耕区域的版图在不断扩展。到古代史后期，即公元 15 世纪结束的时候，亚、欧、非三大洲的大部分地区已经属于或大部分属于农耕社会。这时候，除了美洲和大洋洲正在等待哥伦布发现新大陆之后的近代几个世纪的开发之外，农耕文明已经成为古代社会的主体文明。

古代农学的传播与传承主要有四种形式：一是体制性扩散，它是由国家政权的力量来推动的；二是事件性扩散，这是由于发生了严重的社会动荡事件如灾荒、瘟疫、战争而出现大规模、大范围的移民；三是文化性扩散，它是由于各种文化载体如农书、耕织图画、民谚民谣等的交流传唱而产生的；四是人际性的扩散，它是由于各种人员特别是使节、商人等社会精英的社会移动所带动的。

体制性的农耕区域扩展

体制性的农耕区域扩展和农学知识传播，是古代社会文明演进的主要方式。它的特点就是通过国家政权甚至军事武力的途径，强行推进管辖疆域的扩大、国

家统治权力的延伸,例如建立附属国、殖民地等。在这个过程中,就把宗主国的管理体制和文明成果一并转移到新的领地,客观上实现了文化的传播。

我们回到前面说过的"历史起点"苏美尔文明中去考察。苏美尔地处两河流域的下游平原,是人类最早出现城邦国家的文明发源地。公元前6000年发明陶器,之后的500年左右就发明了青铜冶炼,因此也是人类最早进入金属时代的国家。它的农业特别是农具制造技术,也都领先于其他地区两三千年。后来,苏美尔北部的亚述王国逐渐发展起来,成为两河平原强大的奴隶制国家。公元前20世纪前后,亚述王国使用武力把地跨西亚及北非的广大地区统一起来。这时候,亚述王国就自然地充当起农业文明传播的使者,第一次把苏美尔创造的农业技术如灌溉、耕作、收获、仓储以及农具制造技术等,输送到了它的疆域之内的西亚及北非广大地区。这是农业文明第一次跨区域的大扩散。

接着,到了公元前13世纪中期,居于安纳托利亚高原、小亚细亚东部的赫梯人初次登上历史舞台。赫梯人是一个习惯于征战的民族,在几个世纪里,他们不断攻击文明程度比他们高很多的两河流域和叙利亚地区。在战场上,农耕民族常常败于游牧民族,就像角力比武时,儒雅的学者常常败于彪悍的猎手一样。因此不久,赫梯人就成为了小亚细亚沿岸以及整个巴尔干半岛、爱琴海诸岛的无可争议的主人。这个本来属于游牧民族的赫梯人王国,很快接受了农耕文明的成果,并继续将文明的版图划进小亚细亚地区,不仅农耕疆域继续在西亚地区扩展,而且进一步提升了农业文明的层次,因为它在《赫梯法典》中规范了奴隶制阶段的农耕社会秩序。

历史往前走到公元前6世纪,伊朗高原崛起了一个波斯帝国。这里往东可与印度河流域交往,向西翻过札格罗斯山即是两河流域,南邻印度洋,西南即波斯湾,北边有里海和高加索山,与南俄罗斯平原相连,自古就是兵家必争的亚欧大陆腹心之地。强盛之前的远古波斯人是伊朗的原始民族埃兰人,公元前3000年即进入农耕文明社会,是世界上的早期农业文明发源地之一。后来埃兰人分化为两支,一支是米底人,另一支就是波斯人。波斯帝国是公元前558年由居鲁士二世建立的。公元前639年,波斯灭亡新巴比伦王国,公元前525年侵占埃及,并摧毁了古埃及文明,这是埃及文明第一次被异族侵占而中断。至此,一个横跨亚欧大陆的波斯帝国屹立在世界上。

与波斯帝国争雄竞武的是它的强邻希腊。希腊人的祖先是居住在希腊半岛、爱琴海诸岛、小亚细亚西岸、黑海沿岸、南意大利和西西里岛的原始居民,有勒勒吉人、德里奥人、皮拉斯人和卡里亚人等。这个民族先后创立了爱琴文明和迈锡尼文明,出现过繁盛的"荷马时代"。到雅典的城邦时代,希腊已经富庶起来了。

可是希腊不幸正好与波斯为邻，而波斯统治者从来都没有停止过开疆拓土的野心，波希战争就是不可避免的了，这时候是公元前 492 年。战争中发生过一次有名的“马拉松战役”，它以希腊胜利而鸣金收兵。波希战争之后，在一段相对平静的历史时段里，希腊文化获得了空前的进步，包括农学在内的各个领域都有飞跃式的进步。古希腊在宗教、神话、哲学、文学、艺术、科学等领域，筑起了无数的文明高峰。

此后，在这片英雄辈出的热土上，相继出现了马其顿王国、亚历山大帝国（图 2-39）、罗马共和国、罗马帝国等。特别是古罗马留下了不少农书，让我们对古代欧洲创造的农学有了比较多的认识。这是古代农耕文明改版升级的时代，推动改版升级的是各国的统治者，他们利用强大的国家机器和军事力量，强力地有时甚至是野蛮地进行国家之间的兼并战争和融合交流，在这个过程中带动了农学知识和农业物种的扩散传播，促进了农耕新区域的形成，扩大了农耕文明的版图。



图 2-39　大败波斯的亚历山大再次改写了欧洲农业文明的版图 [M]

在亚洲东方，农业文明的传播方式与中西亚和北非、西欧地区的情形如出一辙。我们先来考察我们西面的邻居印度的农学传播。哈拉巴文化开启了古印度河的文明。此后从公元前 2000 年起，来自印度西北一带的雅利安人、波斯人、希腊人、大月氏人、嚈哒人等，都先后入侵或统治过南亚次大陆地区。其中经历了吠陀时代、印度河和恒河流域共同发展的列国时代，直至波斯帝国入侵之后建立起来的孔雀帝国、大月氏人入侵建立的贵霜帝国，最终嚈哒人（也称白匈奴人）占领印度河流域，消灭了贵霜帝国。如此复杂的历史演变，无数次改写了南亚次大陆的文明史，同时也改写了它的农学史，使这个温暖与炎热并存的地区成为世界农业文明的多元交汇地，是古代农业文化平面扩张的典型地区。

在我国，从夏、商、周三代开始，体制性的农耕区域扩展和农学知识传播，也未曾一刻停歇。夏王朝的势力范围大致是西起今河南西部、山西南部，东至今河南、河北、山东三省交界的这样一个范围。到商王朝时，势力范围扩展到今山西西南、河南、河北南部、山东、安徽西北、湖北北部这一带。大体上是在黄河中下游和长江中游以北地区，因此我们也只能在这个范围内来谈夏、商的农业区开发。进入西周时代，农业区的范围比商代更为广阔，几乎遍及黄河与长江两大流域的中下游地区和部分上游地区。

到秦始皇统一中国之后，我国进入江山一统的大帝国时代，通过“书同文、车

同轨”的制度整合，发源于黄河流域的先进农耕文化迅速得到大规模的、整体性的传播推广。这是其他任何形式的传播方式都无法比拟的，因为它能够运用人类文明所创造的全部权力资源、管理资源、文化资源和财富资源来促进农业发展，推动国家经济增长。

此外，由于农业文明相对于原始氏族公社文明以及游牧文明，处于较高的文明层次，因此在其传播过程中，常常会使一些后进的地区出现跨越式的文明发展。例如，中世纪时，西欧大陆的法兰克人越过英吉利海峡，将大陆的农耕文明带进了尚处于游牧阶段的不列颠，将盎格鲁部落改造成了农耕社会，来自东方文明的水车和水力磨也辗转传到了英国，在那里得到推广而普遍使用，最终使其后来发展成为称霸世界的强大帝国。此外，东罗马建立的拜占庭帝国也使农耕文明在包括今日的俄罗斯在内的东欧地区扎根生长。

事件性的农业文明扩散

在古代农学传播的途径中，我们前面说的是由政权力量主导的主动型有时甚至是阴谋型的农业文明扩散与传播。这里说的事件性扩散则特指灾荒、瘟疫、战争等引发的移民潮带来的农业扩散与传播，这种传播是被动型的或者说是灾难型的传播。虽然在历史的真实场景中非常残酷悲惨，但是它们的发生确实为后来的社会秩序重建和农业经济恢复带来一种契机。

由战争带来农耕文明传播的典型案例，可以回溯到公元前 2000 左右亚欧大陆的第一次农牧民族之间的大混战。这个历史事件起因于一支东欧草原的游牧民族不断地侵扰两河流域的西亚地区，他们凭借战马、战车和弓箭的作战优势，最终消灭了享有农耕文明先驱者美誉的巴比伦、阿卡德王国，落后的游牧民族成为西亚地区的新主人。几乎与此同时，同样来自东欧草原的另一支被称为阿凯亚人的游牧部落，沿着多瑙河往西挺进，超过阿尔卑斯山进入意大利，当地的原有土著民族或被同化，或被迫迁移。

以上的事件，对于当时的农耕民族，无疑是深重的灾难，他们的家园被毁坏了，田庄荒芜了，战争使文明衰退了。但是，从历史进程来看，这些事件也确实引发了农耕文明在更大范围内传播。首先，入侵的民族是文明程度相对较低的游牧民族，他们入主先进的农耕社会之后，很快接受了农耕文化，加快了民族融合的进程；另外，他们将农耕区域与游牧区域合并，使两种文化形态的民族有了更多的机会交流交往，客观上也促进了后进的牧区跃进到更高的文明阶段，分享农耕文化的典章制度和技术发明成果。历史上发生过多次类似的农牧区域战争，比如，雅利安人入侵南亚次大陆，中世纪的罗马帝国西进占领高卢，北欧的盎格鲁人南侵

不列颠，之后又被大陆的法克人征服，等等。表面上都是游牧民族打败了农耕民族，而实际上是农耕民族同化了游牧民族。历史越往后，农耕区域越扩大，从原初星状分布的农耕文明起源地，发展到整个亚欧大陆都以农耕为主。农耕文化成了古代的主流文化。

在中国的战国时代，北方地区各个诸侯国连年交战，社会动乱不堪，于是，燕、赵、齐、鲁等诸侯国的人民纷纷涌向邻国朝鲜、琉球、日本以及中国的南方地区避难，随同这些难民一起到来的是他们先进的农耕文明，比如金属冶炼技术、作物栽培技术、优良品种、先进农具等，这样也就促进了这些地区的文明进步。中国另一次移民潮发生于公元5世纪的魏晋南北朝时期，这时候中国西北地区的游牧民族大举入侵中原地区，造成这一地区的长期战乱，于是北方的居民大举南迁，越过长江到达江南甚至岭南的珠江流域。这次大移民促进了南方的大开发，南方最终成为中国的经济中心地区，也促进了农业技术的升级换代。比如，南方水稻技术大发展，特别是北方居民喜好的小麦也在南方推广种植，面食成为南方的日常食品，由此推动了南方的一年两熟制种植，大大提高了土地的利用率和生产率。

除了战争，瘟疫也是造成社会动荡和居民迁移的重要因素之一。有一位从事疾病史研究的历史学家说：传染病足可亡国。通常，历史上大的疾病流行，总是发生于气候温暖湿润的地区或季节，以及人口密集的地区。温暖湿润的地区或季节适合病原生物繁殖存活，无论是细菌、病毒或寄生虫，都需要适宜的环境条件；另一个要素就是人口密集，只有人口密集且交流频繁时，传染病发作的速度和广度才能构成历史关注的大事件，才能影响历史进程。

史家所说的与西罗马灭亡有关的疫病事件，指的是发生于公元747—749年的君士坦丁堡瘟疫，据说这次瘟疫使这座声名赫赫的都城几近瘫痪。后来瘟疫蔓延到卡拉布里亚、希腊和西西里，两年里死亡20万人。这次瘟疫确实非常酷烈，但是距西罗马灭亡还差一代人(25年为一代)，因此不能直接说西罗马就是因为这次瘟疫灭亡了。

类似的烈性瘟疫事件还有：1097年9—12月，巴勒斯坦和埃及在第一次十字军东征时期发生瘟疫和饥荒，死亡10万人；1348—1666年，在欧洲一直被称为“黑死病”的淋巴腺鼠疫造成2 500万人死亡，是历史上最大的灾难之一；1600年，俄国发生饥荒和瘟疫，死亡50万人。此外，在由欧洲入侵者经营的美洲地区也发生过非常严重的传染病。如1520年墨西哥因西班牙人进入发生天花病，造成300余万人死亡，在此后的50年内墨西哥因为天花又死了近2 000万人；1560年，巴西发生天花病流行，死亡几百万人；1575—1577年，在墨西哥发生斑疹伤寒大流行，死亡约200万人，等等。中国历史上也发生过多次的疾病大流行，如1358

年山西及河北发生疫病，死亡人数超过 20 万。


图2-40 因为战争、瘟疫或灾荒而离乡别井时，马背上同时也驮着原来的农耕文化［M］

为什么说疫病流行也与农学传播有关呢？一是疫病事件是慢性事件，不像地震、飓风那样瞬间毁房夺命，所以疫区中心的人们能够稍作收拾再远走他乡，他们会把生活用具、种子、农具等带上，以便到了新的地方能够有个活路（图 2-40）。通常他们会认为原址是不吉祥之地，因此一开始就不打算再回来，这样，他们就成为农业的传播者，把他们在原址积累起来的经验和良种带到了新地方。另外，若干年后，这个曾经的灾难之地已经荒芜多年，灾难已从一代人的记忆中淡去，人们（可能是另外的人们）又来到这里垦荒安家，人间烟火再度升起，这时又有新的物种和技术被带进来，如此形成了文化的交流。这种交流虽然代价沉重，进步曲折，但是从历史长河看，仍然只是文明路上的一道坎，跨过去又是一马平川。人类的历史就是这么写出来的。

与疫病灾害相似的大事件还有自然灾害，如旱灾、水灾、蝗灾等，这些都是烈度很高的灾害。特别是旱灾，有时连续几年，跨州越府，赤地千里，漫天沙尘，一片死寂。遇上这种灾难，人们也会逃荒迁移，另觅他地。他们会把当地先进的农耕技术带到比较偏远荒僻的地方去。同时，旱涝灾害频繁发生，也会促使人们选育出耐旱耐涝的良种，有利于品种改良，历史上许多性状特异的优良品种就是在异常的环境中逐渐选育出来的。

文化性的农耕文化传播

农学的文化传播途径有很多，主体是历代留下的各类农书。此外，还有普及农业技术的耕织图画，以及各民族的史诗、农谚等。古代还没有农业专门学校，但是在庠序私塾的授课中也多少会涉及农事的知识。此外，一些专业性很强、不容易通过耳濡目染完成代际传授的技艺技能，可能也要通过类似学校的设施来传授。比如，以军马治疗为主的古代兽医技术、以丝织技术为主的古代纺织印染技术，就需要设立相应的机构来培训，相当于今天的技术短训班吧。

古代留下的农书，以中国农书最为系统连续。自从有甲骨文以来的文献，凡是涉及农学的、农业的，我们都可以列出编年的史料，能够写出完整的农业通史。

其他文明古国就做不到这一点。古埃及自不待言，它在公元前 6 世纪就由于波斯入侵而造成文化中断，此后又经历多次异族入侵，每次都以新的文化取代原有的文化，因此历史文献无法编年对接。古巴比伦、古印度的情况也大致与古埃及相似。直到古希腊、古罗马时代，西方的历史文献才渐成体系，但是留下的农书还是很少，我们还是很难窥知历史的全貌。

在上古西欧，我们能见到的最早的农书是古希腊思想家色诺芬（公元前 430—前 355）的《经济论》（一译《家政论》）和《论税收》，它也是目前传世的古希腊最早的农业经济专著。色诺芬出生于雅典的富人家庭，是古希腊哲学家苏格拉底（约公元前 470—前 399）的门生。

《经济论》用记录苏格拉底与他人对话的形式写成。全书分为两部分。第一部分以苏格拉底口述的方式，表达了农业对国家经济的重要性，农业是国民赖以生存的基础、是希腊自由民的重要的职业等观点，同时也总结了奴隶主如何经营好自己的领地庄园产业的办法。第二部分重点是讨论奴隶主的家政事务问题，例如，作者主张，主持家务是妇女的天职，家政训练应该成为女子教育中的特别项目。总的看来，色诺芬拥护自然经济，反对雅典所采取的发展商业和货币经济的方针。他根据奴隶制自然经济的要求，确定了奴隶主的经济任务，主张把奴隶主的家庭经济管理辟为一门专门学问。

《论税收》是色诺芬晚年的作品，它主要讨论了如何改进雅典的税收制度的问题，主张要在不增加税收的前提下维持雅典的财政平衡。我们从中可以看到一些当时雅典的财政状况。色诺芬是古希腊的多产作家，一生著述宏富，除了上面的两部农业著作之外，还有《希腊史》、《远征记》、《斯巴达政体论》、《居鲁士的教育》、《回忆苏格拉底》、《阿格西拉于斯传》等著作传世。

古希腊之后的罗马帝国，是西欧社会遗存古代农业文献最多的国家，专业的农书之外，一些作家的诗文集和博物志里，也有许多农业史料。

《农业志》是古罗马共和制时期的执政官马·波·加图（公元前 234—前 149）编撰的罗马历史上的第一部农书。全书包括引言、总论、农庄建设、年度农事、农家杂务等五部分，共 162 节。这是罗马历史上第一部系统论述农业问题的农书，也是研究古罗马共和制时期的农业生产技术的重要文献。书中记述了当时许多作物的栽培技术，强调耕地、施肥和管理的重要，尤其是对葡萄、橄榄等果树的修剪、嫁接技术记述尤详。此外，还有关于耕牛的养护、越冬饲料三叶草的贮备等等，甚至为了使耕牛健康还要向神灵供奉祭品。总之，通过加图的这部《农业志》，我们可以对古代罗马甚至西欧的农业生产情况和技术水平有一个大概了解。

《论农业》的作者是古罗马全盛时期的学者玛·特·瓦罗（公元前 116—前

27)。该书原文是拉丁文,采用对话体裁写作。全书分三卷97章。第一卷为农业卷,记述农耕事项及其技术要领、所用工具等;第二卷为畜牧卷,记述耕牛、马以及猪、羊等的繁育饲养方法;第三卷为小家畜卷,主要是关于鸡、鸭、鹅等家禽以及鱼、蜜蜂等的饲养技术。从《论农业》的记载中,我们知道西欧在罗马时代已经养殖淡水鱼,修正了过去我们一直认为只有中国古代养殖淡水鱼的偏见。瓦罗的《论农业》内容很丰富,是了解欧洲社会经济史的重要读本。

与瓦罗同时代的还有被誉为一代诗宗的维吉尔(公元前79—前19),后者的《田功诗》(公元前29)以诗歌的体裁记述农事活动。书中用诗体韵文吟咏与农业有关的技艺,如耕耘技术、家畜饲养技术以及葡萄、橄榄栽培技艺等,通俗易懂,口耳相传,成为中世纪西欧普及率很高的农书。

《农业论》作者科路美拉是罗马奴隶制衰落期的一名退伍军人,出生于公元1世纪初。他担任军职时,足迹遍及地中海沿岸各地,游历丰富,见多识广。另外,科路美拉的父辈是罗马化的西班牙人,继承了祖辈的大片庄园遗产,因此,青少年时代的科路美拉算是富二代。大约在公元60年前后,也就是作者50岁上下,他定居于罗马,开始写作本书。全书共12卷,大部分的篇幅用于论述葡萄、橄榄及蔬菜的栽培管理,有4卷用来论述家畜、家禽和蜜蜂的饲养,真正用于论述粮食作物栽培的文字很少。这种情况表明,科路美拉时代,罗马帝国城市近郊的大庄园可能偏重商品性经济作物生产和家畜、家禽的养殖,粮食生产由于利润薄、费工多,在庄园的生产布局中居于次要地位。

还有一部4世纪时由帕拉迪阿斯撰写的《农事论》,以农事诗的体裁描写了罗马帝国后期国运衰败时势下的农业问题。此外,一些综合性的科技、民俗、游记以及博物类图书,也有一些涉及农牧业的内容。如普林尼(约61—113)的《博物志》中第27—29卷,就是有关作物、土壤、肥料及耕耘等技术的叙述。

农书在西欧沉寂了将近一千年之后,到了中世纪,我们才看到英国的亨利(公元1200—1283)的《农书》问世,该书也直接称为《亨利农书》。该书原稿是用英国化的法兰西语写成的,以抄本传世,后世有拉丁文及英文译本,内容互有出入。1890年由拉蒙(E. Lamond)连同格罗斯泰斯特(R. Grossetest)的《管理自营化规则》等书一起在伦敦刊印(图2-41),全书仅20页,分成23节。正文前有简短前言,说明作者的旨趣是让读者了解如何管理庄园、耕



图2-41　中世纪欧洲的农书［M］

种土地、饲养牲畜，从而实现聚财致富的目的。内容主体是当时的谷物种植和动物饲养的技术及相关的经济活动。该书是英国农书撰述的先驱，广为后人引用。

亨利之后又过了两百年，在古代和近代的交汇处，英国出现了一本由费兹哈柏撰写的《农业全书》，据说是英国最早使用铅字排版的农书。该书是英国近代早期的代表作。书中从农具犁开始，汇集了西欧犁的种类、用途和制作方法等，进而讨论了当时的耕种饲养活动，并且重点讨论了与三圃制有关的农业耕种问题。作者是一个拥有田产的庄园主，一生从事农业生产和管理，积累了丰富的农业实践经验，该书即是以其 40 年营农经验写成的。该书成书后的几个世纪中被不断翻印，甚至它的体裁体例都成为英国农书的范例。

就“农书”的话题，回到古代中国，人们会看到完全不同的情况。中国的古农书之多、之全、之体系化，是西方世界所无法比拟的。集西欧古代文明三千年，留下的农书也不如中国的秦汉时代多。

中国农书涉及大田作物、果树、蔬菜、花卉、林木、蚕桑、畜牧、兽医、水产、农具、农田水利、农副产品加工与贮藏等方面，北京图书馆主编的《中国古农书联合目录》收录了 643 种，可谓鸿富，在世界各国中绝无仅有。

《齐民要术》、《农桑辑要》、《王祯农书》、《农政全书》和《授时通考》内容最丰，影响最大，常被合称“中国古代五大农书”。

《齐民要术》是南北朝时期的一部综合性农学著作，也是世界农学史上最早的专著之一。作者贾思勰，汉族，益都（青州）人，生活于我国北魏末期和东魏（公元 6 世纪），曾经做过高阳郡（今山东临淄）太守。《齐民要术》共 10 卷，11 万多字，全面介绍了当时粮食、禽畜、鱼类、农副产品的生产、加工和储存技术。

《农桑辑要》是我国现存的一部官修农书，元代初年司农司编纂，成书于公元 1273 年。当时正值元已灭金但尚未并宋之时，北方多年战乱、生产凋敝，此书为恢复农业生产、稳定社会秩序发挥了一定的作用。全书共 7 卷，6 万余字，主要介绍北方农业技术。虽然《农桑辑要》中的很多内容引自《齐民要术》等古代农书，但也有新增内容，而且实用性较强。



图 2-42　元代王祯《农书》[R]

《王祯农书》（图 2-42）的作者王祯（1271—1368），字伯善，元代东平（今山东东平）人。《王祯农书》完成于 1313 年。全书正文共计 37 集，371 目，约 13 万字，分《农桑通诀》、《百谷谱》和《农器图谱》三大部分。该书兼论南北方农业技术及其异同，同

时以图文方式广泛介绍各种农具。

《农政全书》(图 2-43)作者徐光启(1562—1633),字子先,号玄扈,上海人,明末杰出的科学家。徐光启曾与来华传教的耶稣会传教士利玛窦等人共同翻译了《几何原本》、《泰西水法》等书,成为介绍西方近代科学的先驱。《农政全书》是在对前人的农书和有关农业的文献进行系统摘编译述的基础上,加上自己的研究成果和心得体会撰写而成的。全书共 60 卷,70 余万字。



图 2-43 明末农书《农政全书》[R]

《授时通考》是清代官修的综合性农书。清乾隆二年(1737),由鄂尔泰、张廷玉奉旨监修,历时 5 年,于乾隆七年(1742)编成。全书共 78 卷,计 98 万字,内容以大田生产为中心,兼及林牧副渔各业,分天时、土宜、谷种、功作、劝课、蓄聚、农余和蚕桑 8 门。该书除辑录历代农书外,还征引了经、史、子、集中有关农事的记载,其中有不少材料十分珍贵。

前面已经提到,农学知识的文化性传播的途径和方式很多,历代农书只是一个重要的方面。但是农书这种传播方式也有着特定的优缺点。优点是,农书将民间的零散的知识经验条理化、理论化,为农学积累和传播提供了便利;农书通过书籍方式传播,可以实现远距离和跨时代的大时空传播;农书以书籍形式流传,容易被重印和翻译,有利于知识的普及和传递。缺点是,无论以何种文字语言编撰的农书,都只能在相应的文化圈内传播,直接传播的范围受到语言文字的限制;另外,古代的普通农民和农奴基本不识字,所谓“农者不学,学者不农”,因此农书只能在精英阶层中传阅,对于急需农学技能的种田者作用不大;还有,历代的农书作者构成非常复杂,所涉内容繁芜,加之历史上转刻摘抄,错讹比见,后世读者难于辨识。

因此,就农业生产的经验传承而言,各国各民族的口传史诗、民谣、农谚、农耕图谱(图 2-44)等,似乎在农民的层面上更容易被接受理解,能够发挥更直接、更广泛的历史作用。

人际性的农业文化交流和扩散

前面说了体制性、事件性和文化性的农学传播,它们都属于整体的、群体的和模糊的农学传播,因为我们并不知道传播的具体内容,也不


图 2-44 南宋《耕织图》,这是最直观的农业技术教育普及方式 [R]

知道具体的时间和对象，只是从一个历史时段中观察到了农耕区域的扩展和农业经济的增长。实际上，历史上的农学传播者大多数是古代有机会出门远行的各种人员，例如外交使臣、商人、官员、士兵，甚至远嫁他乡的妇女等。这种传播方式是古代农学最常见、最普遍、最持久而且最有效的传播途径。

1. 外交使节的农学交流

在古代，由于交通、语言、风俗、信仰等方面的限制，有机会出国的人非常少，甚至贵为天子的各国帝王都很少能够出访友邻。但是，为了国家的利益，尽管面对艰难险阻且耗费资财，各国还是不停地派遣和接待外交使节。这些肩负使命的使臣，常常能够在出使国居住较长时间，能够比较深入地了解出使国的农业和文化，能在回国述职或任期届满时通过合法或私下的途径，带回当地的品种或技术，有时就成为农业文化传播的使者。

在历史案例中，最典型的首先是汉代的张骞出使西域（图 2-45）。西汉时的“西域”既是地理概念，也是政治概念。今天讲的“西域”包括中亚、印度、伊朗高原、阿拉伯半岛、小亚细亚乃至更西的欧洲地区。这个广大地区是世界东西方文明的交汇点，两河流域的古巴比伦文明、波斯文明、古希腊和古罗马文明、印度文明和中国文明在这里汇聚。



图 2-45　张骞出使西域［M］

汉代使臣张骞两次奉旨出使西域。第一次在汉武帝建元二年（公元前 138），张骞带着 100 多人的出使队伍离开长安，出陇西不久就被匈奴俘虏，此后历尽艰险，于汉武帝元朔三年（公元前 126）回到长安。第二次在汉武帝元狩四年（公元前 119），带领使团 300 多人，牛羊万头，钱币绢帛“数千巨万”，浩浩荡荡再赴西域，于公元前 115 年回国。张骞使团出访，使汉朝在西域的威望大为提高，从此中西交通畅达，商旅塞道，使者相望于途。

张骞出使西域的成果之一，就是从西域引进了葡萄、苜蓿、黄瓜、蚕豆、青葱、大蒜、胡椒、芝麻等作物，改变了我国的作物结构和食品构成。此外，在张骞的回国报告中称“大宛……多善马，马汗血”，引起了汉武帝的浓厚兴趣，下令从西域引入了大宛马和乌孙马。两汉时期从西域引进的大家畜还包括驴、骡、骆驼等，成为中原地区的重要役畜。

国外的使者也会在礼赠或进贡中送来外国的物种，如朝鲜一些农业物种及生

产技术也是在外交的过程中逐渐进入了中国。汉桓帝年间(147—167),即从濊国(位于朝鲜中部)引入著名的果下马:"(濊国)又出果下马,汉桓时献之"。裴松之注曰:"果下马高三尺,乘之可从果树下行,故谓之果下。"其他的朝鲜特产诸如檀弓、斑鱼皮、文豹、人参等,也都通过"外交通道"相继进入了中国。

我国的养蚕和丝织技术,也是直接或间接通过外交使节传遍世界的。养蚕和丝织技术公元前 11 世纪就已经传到了朝鲜,秦汉时期,日本人多次派使臣到我国和朝鲜取经,并通过外交途径招收我国蚕业匠人去日本传播技艺,从此养蚕业在日本得到发展;公元 7 世纪,养蚕法传到阿拉伯和埃及;10 世纪传到西班牙;11 世纪传到意大利;15 世纪蚕种和桑种被带到法国,从此法国开始有了栽桑养蚕缫丝;英国看到法国养蚕获利,便效仿法国,于是养蚕生产又从法国传到了英国。以上事例都说明,历史上的外交家们对于农学的世界传播作出了重要贡献。

2. 商人的农学传播

与外交家相似,商人特别是远离家乡、跨国经商的商人见多识广,能力超人,他们会在经商过程中将甲地的先进农业技术或者优良品种传播到乙地,当然也会将境外的、域外的农业技术和品种带回祖国和家乡,成为农业传播的使者。

在古代,我国与西方的商贸途径很多,除了大家熟知的"沙漠丝路"(或称"绿洲丝路")之外,还有经过蒙古草原的"草原丝路"、经过东南沿海的"海上丝路"、经过西南的"西南丝路",等等。

在这些通往世界的丝路中,"沙漠丝路"是官方开辟的外交通道,也是历代中西交往的要道。汉代从这条丝路上引进了许多作物,此外,商人们还从西亚引进了绵羊、山羊以及许多奇禽怪兽,如罽宾的封牛(瘤牛)、象、大狗、沐猴,乌弋山离的桃拔(符拔)、狮子、犀牛,安息的狮子、符拔,条支的大鸟安息雀(即鸵鸟,时又称大爵),等等。

到隋唐时代,经沙漠丝路引进的作物更多(图 2-46)。例如,蔬菜有莴苣、菠凌菜(菠菜)、莙荙菜(叶用甜菜),水果有波斯枣(海枣)、巴旦杏(扁桃)、菠萝蜜(树菠萝)、齐墩果(油橄榄),等等。还有以产地命名的消夏水果西瓜(西域瓜)。


图 2-46 中古时期穿行于丝绸之路上的骆驼商队同时也会传播农业物种和农业技术[M]

读者可能已经注意到,我国唐代引进的新作物最初多以音译来命名。这种文化现象表明,唐代的

中外交流非常频繁。唐朝是当时世界上经济文化最发达的帝国，几乎是世界的科技文化中心。那时候的都城长安，外国人很多，有经商的，有求学的，还有旅游观光、移民定居的。引进的作物以音译取名，至少说明当时大家都能听懂，就像今天把话筒叫“麦克风”一样。

另一条繁忙的商贸通道是通往南亚次大陆的“西南丝路”。南亚次大陆包括现今的印度、巴基斯坦、孟加拉、斯里兰卡、马尔代夫、锡金、不丹、尼泊尔等许多国家。我国与南亚的交流历史悠久，最初多集中于宗教领域，后来发展到包括农业在内的经济和社会文化领域。中国的工艺制品、植物种子、生产技术，也可能先由僧人或商人传入印度，然后遍及南亚次大陆地区。有学者研究指出，梵语中称桃子为“秦地持来”，称梨子为“秦地王子”，对钢铁、红铅、樟脑等的称谓中也有“秦地”字样，这反映出古印度时这些物品的来源。中国史籍记载，产于我国西南地区的“蜀布”、“蜀锦”，曾经通过商贸途径远销南亚地区。

在我们的史学教科书中，较少提到古代中外交流的“草原丝路”。在历史上，这条经过蒙古草原的商贸通道也作出过重要的贡献。有学者研究指出，西亚和东欧的冶金铸造技术很可能是通过这里从中国传入的。提供佐证的例子是，塔吉克语中的铸铁叫 Чуян，相当于鞑靼语的 Чуен，二者都出自汉语“铸”字的发音。公元前 2 世纪，现在乌兹别克境内的费尔干纳人从中国人那里学会了铸铁技术，后来又辗转传入俄国，俄语中的铸铁叫 Чугун。安息王朝也是从中国输入铁器，木鹿城是当时中国铁器的贸易集散地，所以在罗马史学家普鲁塔克的著作中把安息骑兵所使用的锐利兵器称之为“木鹿武器”，可见中国的铁器又通过安息流入了罗马。

东南沿海的“海上丝路”也是中国古代的通商要道之一。在古代中国同大秦的海洋贸易中，印度扮演了中间商和中间站的角色。《大不列颠百科全书》在“中国猪种”的条目中说：“早在 2 000 多年前，罗马帝国就引进了中国猪种，改良他们的原有猪种，而育成了罗马猪。”据考证，书中所说的“中国猪种”，是当时经由“海上丝绸之路”，从广州出发，由海路经印度传至欧洲的罗马，这是广东猪早期的外传途径。晋代曾有罗马特使经广州来中国朝贡，可知公元 3 世纪已有罗马人由海路往来于广东。宋人周去非在《岭外代答》中描述我国当时的远洋商船时写道：“舟如巨室，帆若垂天之云，柂长数丈，一舟数百人，中积一年粮，豢豕酿酒其中。”一艘大船上，居然可载几百人，并且备有一年的口粮，而且能在船上养猪酿酒。猪与马、牛、羊、驴、骆驼不同，草食动物可以在遥远的运输途中就地取草饲喂，随同商队步行，即使旷日耗时，也能从甲地到达乙地，而猪大概只有在“舟如巨室”的船中喂养，才能跨洲越洋外传。

到了明清时代，随着世界上远洋航行技术的发达以及美洲新大陆的开辟，越来越多的原产美洲的作物经过“海上丝绸之路”，绕道欧亚两大洲，相继传入我国。这时传入的作物有红薯、玉米、辣椒、番茄、马铃薯，还有番桃、番木瓜、洋葱、洋梨、花生、甘蓝、菜豆、南瓜、荷兰豆，以及烟草，等等。当时通过多种途径引进的这些原产美洲新大陆的作物，对我国的作物结构产生了很大影响。

3.其他人员的农学传播

一是官员。我国古代规定官员任命要实行籍贯回避制度，即当地人不能就地当官。因此，当官员被派往外地或调动时，就能把家乡的农业技术传到当官的地方，也能把当官历程中的农业见闻带回自己的家乡。总之，历代官员在农业技术传播中担任了重要的角色。

二是士兵。从乡村中走出去当兵服役的人，也是农村中见识较多的人群，他们应征到边关要塞，戍守边疆，屯田自给，这期间他们会把家乡的农业技术带到边疆地区。同时，更为难得的是，同一批应征戍守的将士来自全国各地，会通过屯田实践进行技术交流和融合，形成整合的、集成的农业技术，然后在复员时带回各自的家乡，这成为农业技术传播的重要途径之一。

三是婚姻。婚姻是族群或地方农业技术传播的渠道之一。通过男女双方的社会关系，能够将各自家乡或家族的优良品种或技术、工具等在两个地方之间交流，这是古代地域性农业技术传播的重要途径。

总之，在历史长河中，各种人群的流动带动了农业技术的传播，促进了农业生产的发展。当然，与今天的农业信息传播手段相比，这种人际间的传播是效率是非常低下的、缓慢的。不过，古代文明是现代文明的基础，今天的文明是昨天的文明的延续，人类就是这样一步一个脚印走到了今天。



中 篇

近代农业



一、近代农业的转型



（16 世纪—19 世纪）

从 16 世纪起，人类进入近代史阶段。所谓近代，是以今天的人们对历史过程的认识来划分的。如同古代史的分期一样，近代史的起止具体年份也存在很多分歧，这里是以西方文艺复兴和地理大发现等重大事件的发生为起点，以 19 世纪末蒸汽机普及的第一次工业革命为终点来框定近代的时段。20 世纪之后，就是今天还在延续的现代史了。

近代史的 400 年里，世界面貌发生了革命性的变化。这是一个剧烈变化的时代，一个飞跃发展的时代，也是一个社会转型的时代。

在 16 世纪前夜的 1492 年，哥伦布的远洋船队登上了美洲大陆，这个被称为地理大发现的历史事件，将人类文明进程带进了一个新纪元。随着欧洲航海家和探险家们怀着无比的兴奋和憧憬揭开了美洲大陆的面纱，这个亚欧文明尚未涉足的处女地终于展现在世人面前。航海事业的发达以及为了与美洲通航的便利，欧洲的经济中心也从地中海沿岸转移到了大西洋沿岸，原来一直是人类文明先驱的巴尔干半岛各国让位于后起之秀英国、荷兰、西班牙和法国等国家。

这些后来居上的国家在近代化上的贡献，主要有如下几个方面：首先，在社会制度上，从古代的封建社会向资本主义社会转变；其次，在经济上，从自给自足为主要特点的小农经济向资本主义商业化农业转变；第三，在政治上，从封建社会的皇权人治制度向资本主义的法治制度转变；第四，在人民的身份性质上，从封建时代带有人身依附关系的臣民向近代的公民身份转变，等等。这些巨大变化，使近代社会以前所未有的发展速度，创造出比过去 5 000 年历史更多的文明成果。我们今天经常讨论的民主化、法制化、城市化、工业化、科技化等，都是从近代史开始的。也就是说，我们今天的时代，从本质上说，是一个延续了 500 年的时代。

通常，历史学家把近代分为三个发展阶段：一是 16－18 世纪，是资本主义的童年阶段，主要特征是工场手工业兴起，世界贸易格局形成；二是蒸汽机工业革命

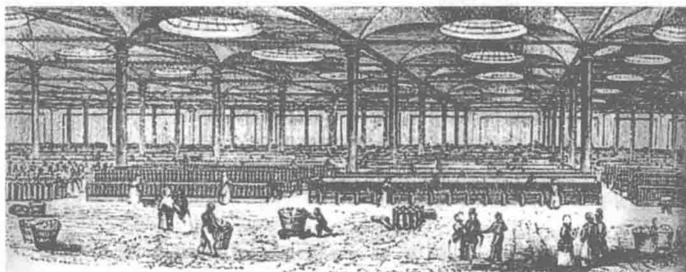
阶段，是资本主义制度世界体系的形成期；三是电气工业革命阶段，是资本主义向帝国主义垄断发展的阶段。

近代农业革命同时在生产关系和生产力两个方面开展。在生产关系上，把封建制的农业转变为资本主义式的农业；在科学上，把依靠经验积累形成的经验农学转变为凭借科学实验数据形成的实验农学；发明了机电推动的农业机械，发明了人工合成的化肥农药，等等。我们今天的农业科学，实际上就是从500年前的近代开始的。我们常说某某农业大学建校多少周年，某某农业研究所创建多少周年，都是从近代史的某个年份延续下来的。

英国近代农业

英国是近代资本主义兴起的策源地，也是近代农业变革的肇启地。从16世纪初期到20世纪前期，英国农业发展经历了圈地运动、集约化农场的资本主义经营、科技进步推动的农业结构调整等三大阶段。

伴随地理大发现而形成的世界性商业市场，给处于欧洲羊毛纺织业中心地位的英国迎来了千载不遇的商机，毛织品的需求空前扩大，价格不断上涨(图3-1)。为了获取养羊业的丰厚收益，农村土地的领主们不顾农民的反抗，不惜采用欺骗甚至暴力的手段圈占农民的土地。参与圈地的有贵族、商人和富裕农民。这个表面看似源于民间自发的商业式的圈地运动持续了150年左右。在这个过程中，不仅圈占了农民原有的耕地辟为牧场，而且还大量开垦了荒地，甚至一些森林沼泽地都被辟为牧场养羊。这种恶性圈地的无序发展，最后产生了两大问题：一是农村中出现的大量无地农民，或成为新兴城市的贫民，或成为游离于乡村中的流浪者；二是大量耕地被辟为牧场以后，国家出现了严重的粮食短缺，市场粮价飞涨，城乡居民怨声四起，最终酿成社会动荡。因此，圈地养羊运动被后人讥为“羊吃人运动”。


图3-1　英国近代早期的机器纺织厂［M］

为了扭转圈地的无序失控状态，1761年以后，英国政府多次通过议会制订法令，对“羊粮争地”的矛盾进行政策调控，使之运行在农业资源和经济发展能够接受的范围之内。制订这些法令的历史背景，一是过度圈地养羊使粮价飞涨，二是此时棉纺业发展而减少了对羊毛的单一依赖。通过议会法令的理性调整，英国农

村逐渐完成了从封建小农经济向资本主义农场转型的改造。原先被圈占改造成大型牧场的耕地重新恢复为种植的农场，但是这时的耕地用途的回复并不是小农经营方式的复原，而是从资本主义牧场转变为资本主义农场。失地的农民或成为农场的雇工，或转移成为城市的市民。农村的资本主义化改造，不仅在英国，而且在整个欧洲，都产生了深刻影响，史称"英国农业革命"。

资本主义大农场的优越性在于，它更容易接受和推广先进的农业技术，更容易投资于大型的农业基础设施建设，更容易采用效率更高的农业机械，更容易实现商品市场对农产品质量的标准化要求，也更容易打开世界性的农产品市场。所有这些，在原先的个体小农经营体系下都是难以做到的。

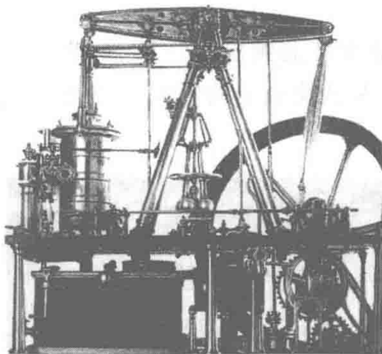


图 3-2　旋转式蒸汽机［M］

经过农业经营的资本主义改造，英国近代农业获得了引领时代潮流的成功，成为全世界仿照的样板。英国最先推行农业机械化生产：1701 年塔尔发明马拉谷物条播机，并发明了条播与中耕相结合的耕作技术；1828 年发明马拉收割机；之后不久即发明了以蒸汽机(图 3-2)为动力的饲料粉碎机、甜菜切片机、干草切割机等；影响最大的是 1858 年发明的蒸汽拖拉机，该项发明曾获得皇家农业协会奖，拖拉机的出现标志着人类开始走进了机器动力耕作的新时代。另外，当时的英国农业科学家在家畜育种上也成绩斐然，采用系统繁育理论选育而成的品种有莱斯特良种绵羊、长角牛、挽重马等。此外，动力排灌机械的发明和应用，对于改造低洼沼泽地发挥了很大的作用。人造化学肥料也进入了大田施用。

通过近代先进农业科技的应用，英国出现了农业生产的"黄金时期"。1755 年前后，英国本土农场生产的小麦产量比庄园制时期增加了一倍，不仅扭转了圈地时期粮食短缺的局面，而且还有部分粮食用于出口。新培育的良种芜菁和三叶草的推广种植，大大增加了牲畜的越冬饲料，为家畜的草地放牧改变为集中舍饲提供了保证，从而改善了以往由于冬天饲料不足而提前宰杀肉畜，造成冬季肉类供应紧张的情况。

法国近代农业

法国是欧洲中世纪封建专制国家的典型，进入近代时期的 16 世纪初，法国农民通过赎买获得了人身自由，但是由于缺乏生产资料，无力开展大规模的商品性农业生产。同时，法国传统社会实行多子继承制，农户在"分家析产"之后，经营的

土地面积越来越小。小农经济一直是法国农业的主体。在 18 世纪以前，法国的资本主义农场很少。1789 年资产阶级革命以前，法国的农业人口高达 88%，是一个典型的封建小农社会。

1789 年革命后，法国经历了多次的革命动荡和政权更替，到 1871 年才基本完成资产阶级民主革命的任务。这一时期，工业革命也获得了快速发展，并推动了近代农业的变革。总体上看，虽然法国的近代农业没有出现英国那样的令人耳目一新的成就，但是它在欧洲各国中依然是居于前列的领跑者。法国近代农业有着其自身的经济文化特点。法国的工业革命不像英国那样以依托农业提供原料的纺织工业起步，而是以机器制造和能源矿业启动工业化，因此没有惊动传统的封建庄园经济，没有产生资本主义大农场的社会基础。法国的农业进步表现在：

一是适应社会变化调整农业结构。例如，利用三圃制的休耕地种植牧草，扩大牧场面积，提高畜牧业产量。尤其是邻国英国的羊毛市场需求旺盛、价格高涨之时，法国及时调整结构，扩大牧场养羊，向英国出口羊毛，增加农业收入。18 世纪在西班牙育成的细毛良种美利奴绵羊（图 3-3），到 19 世纪初开始在全世界推广。法国得益于与西班牙比邻，又与英国隔海相望，因此美利奴绵羊的饲养发展异常迅速。据史料记载，1815 年法国存栏美利奴绵羊只有 115 万头，到 1850 年已增加到 1 100 万头。


图 3-3　美利奴绵羊［M］

二是采用新技术改进农业技术。法国是欧洲葡萄酒的主产区，近代以来继续保持着葡萄种植的优势地位。小麦的产量也有显著增长。此外，18 世纪初引进了马铃薯和甜菜等新作物。

三是采用新式农业机械。19 世纪 40 年代，法国通用的是马拉的旧式打谷机和引进的英国发明的畜力条播机。19 世纪 80 年代以后，蒸汽动力拖拉机、联合收割机已经普遍采用，但是由于国内多数是小农式家庭农场，耕地面积小，农业机械的使用没有英国那样普及。

四是推广使用新式化肥。19 世纪后期，法国农业已经普遍施用化肥。据记载，1870 年每年施用化肥 42 万吨，到 1900 年时，化肥用量已达 200 万吨以上。

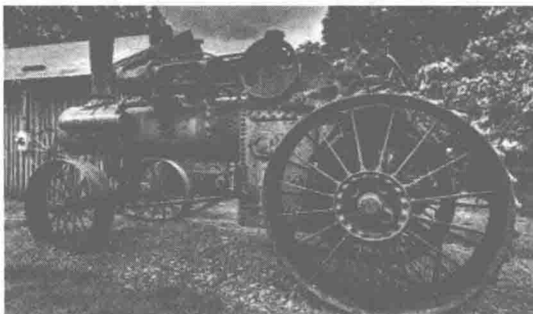
新技术的应用，使法国农业出现了快速增长，粮食总产量在 30 年间增长了一倍以上。但是，由于法国的小农经营规模狭小，不适于发展现代化的大农业，因此整体上，与同时代的西方国家如英国、荷兰、美国相比，法国的农业生产率仍有着较大的差距。

德国近代农业

德国在近代化早期的社会变革，远远落后于它的西欧伙伴如英国、荷兰和法国等。在人类进入近代时期的开头一百年中，德国基本上还停滞在中世纪的农奴阶段，甚至还出现过逆进化的强化农奴制现象。这种情况阻碍了德国农业的发展和国家工业化的进程，一度坠入落后守旧的国家之列。

进入18世纪的1701年，德国东部的勃兰登堡建立了普鲁士王国，经过半个多世纪的对外扩张，到18世纪中后期，先后将众多德意志小邦国纳入麾下。这期间，胸怀富国兴邦大志的腓特烈国王曾下决心改变落后的领主庄园制度，推行废除农奴的人身依附关系，减轻农民的赋税劳役负担，但是遭到封建领主的强烈反对，这些政策仅仅在国王直辖的领地上勉强实行。由于长期农业落后，国力衰弱，使德国在19世纪初与法国拿破仑的战争中以惨败告终。

这次失败把普鲁士的朝野上下都震醒过来，换来了举国奋发图强的决心和勇气。1807年开始对落后于时代的农奴制度进行改革。为了减小对改革的阻力，采取了温和折衷的办法。领主阶级继续占有领地，农奴则通过赎买方式获得人身自由，解除与领主的依附关系，成为可以自由迁居移动的劳动者。领主通过招募雇工的方式经营原来的庄园。这样一来，农民成为农业工人，领主成为农场主，资本主义农业制度就逐步建立起来了，农奴制被改造成了资本主义生产关系。列宁将这个改革称为“普鲁士道路”。十月革命前的俄国和一些东欧国家的农业改革，基本上也是借鉴了德国的方式。


图3-4　德国近代发明的蒸汽拖拉机［M］

经过这次虽然不是很彻底的农业改革，到19世纪中期，德国农业开始显现出崭新的面貌。各路资本逐渐进入农业领域。地主和富裕农民开始购买大型的农业机械，如蒸汽拖拉机（图3-4）、收割机、打谷机、饲料切割粉碎机等。德国的主导性农产品甜菜生产率先实现了一整套的机械化生产，相应的育种、栽培、中耕管理和收获以及糖厂加工的技术也有很大改进。甜菜糖产量大增，成为德国主要的出口农产品。此外，马铃薯的引进种植，也改变了德国的农业结构。1770年德国发生大灾荒后，马铃薯获得迅速推广种植，开始时作为救荒的“穷人食品”，后来逐渐发展成全民主食。马铃薯适应性广，易于栽培。近代

工业革命兴起后，德国率先利用马铃薯酿制酒精，酒精一度成为与甜菜并列的主要出口产品。

19世纪初，普鲁士创办了第一所近代农业学校，培养农业专门人才。先后出现了一大批杰出的农业科学家，如农艺化学创始人李比希（《化学在农业及生理学上的应用》作者）、植物学家休维尔茨（《植物园与文化》作者）、农业教育家布戈（《农业教科书》作者）、农业经济学家杜能（图3-5，一译屠能，《孤立国同农业和国民经济的关系》作者）等。



图3-5　德国近代著名经济学家杜能［W］

我们以杜能的贡献为例。杜能是近代西方区位经济理论的创立者，他的《孤立国同农业和国民经济的关系》（有时简称《孤立国》）是第一部关于区位经济理论的古典名著。他不仅充分讨论了农业、林业、牧业的布局，而且同时考虑了工业的布局。他根据当时德国农业和市场的关系，发现了因地价不同而引起的农业结构分布的现象，创立了农业区位理论。

此外，19世纪以后德国在涉农工业方面也获得长足发展。例如，1828年德国化学家维勒在世界上首次用人工方法合成了尿素，激发了化肥工业的确立和发展；天然矿质和人造肥料如钾盐、过磷酸钙、硝酸铵等化肥开始大量在农业上施用。农业机械完成了从引进到研发制造的过程。德国一跃而成为近代欧洲的农业机械和化肥农药的生产制造大国，实现了后来居上的跨越式发展。

日本近代农业

日本是亚洲最早接受西方近代农业科技的国家，也是后来最早实现现代化的国家。在18世纪中期，日本开始兴起向西方国家学习的启蒙运动，当时他们把通过荷兰传入的西方科技知识称为兰学。后来，兰学泛指西方科学技术。最初，日本知识界是在长崎的对外贸易港口“出岛”接触了荷兰商人，通过这些商人间接地了解到一些零星的近代西方科学知识。同时，德川幕府出于发展经济的需要，奖励举办实业学堂，放开洋书（特别是汉译西方文化书）之禁，并选派学童研修荷兰语及自然科学。

就是在这一时期，日本引入了先进的欧美农学。在几种农书中开始出现农业化学的知识；此外，鹿儿岛地方出现了仿制西洋农具的工厂。这是日本学习西方先进农业的萌芽期。

从1871年12月到1873年9月，日本政府派遣岩仓使节团(图3-6)前往美欧各国巡访。使团成员除了大使岩仓具视和副使大久保利通、木户孝允、伊藤博文等政府官员外，团员中有多位日本的农业专家，例如博览会副总裁佐野常民、农学家田中芳男、蚕学家佐佐木长淳、水产学家关泽明清、林学家绪方道平等，他们归国后成为活跃于农、林、水产各领域的核心专家。巡访团成员津田仙归国后在民间致力于振兴农业工作，业绩卓然，成为日本近代的农业名人。


图3-6　岩仓使节团主要成员［W］

这次大规模的赴欧美巡访活动，是日本全面学习欧美、推进国家近代化的新起点。这一时期的农业政策措施包括：

一是在政府行政序列中设立农政机关，最初是在内务省内设劝业寮，1879年变为内务省劝农局，1881年改称农商务省农务局。

二是成立促进农业科技知识传播的农学会，当时有总牧羊场的东洋农会、三田育种场的东京谈农会等。

三是成立各级农业专门学校。1874年创设“农事修学场”，该场于1877年迁移到驹场，改称驹场农学校(东京农业大学前身)，1880年3月首届学生毕业。其中有：玉利喜造(盛冈、鹿儿岛两所高等农林学校的创办人)、横井时敬(后来的东京农业大学首任校长)、酒匂常明(后来的农商务省农务局长)等。

四是在全国设立各级各类农业试验场。最早的有内藤新宿试验场，1877年又开设了三田育种场。

五是举办农业博览会。1877年第1届国内劝业博览会在东京上野召开，日本最初的共进会也于1879年在横滨召开。以后相沿成习，每年都会举办相应的博览会，推广农业技术成果，推销特、优、新、异的农业产品，宣传农业科技知识。

以上各类农业科技事业，都聘请了来自欧美各国的专家学者担任教师和指导专家，同时也大力翻译出版欧美农书和创办农业书报刊物。例如前面提到的津田仙，他在日本组织农业社团“学农社”，兼营学农社农学校，培训农民技术人员；刊行《农业杂志》，致力于欧美农业技术和农学知识的普及事业。

1881年4月，农商务省成立。这一时期，德国近代农业科技已经跃居欧美之前列，因此日本在接受欧美农学这个层面上全面转向德国。由于此前的英国教授的授课内容脱离日本国情，日本很快把学习的对象定格为德国农学，并立即

付诸行动:派遣大量学生前往德国攻读农业各门学科专业,聘请德国教授到日本各农业学校任教,地方的农事试验场都延聘德国专家指导,甚至引进农业机械、作物良种、家畜品种都以德国为首选。因此,后世学者将这一时期称为“崇德农学期”。

1897 年,以最后一名德籍教师离开日本回国为标志,日本农学进入“自立期”。1897 年以前日本派往德国留学和访问的学生们陆续学成回国,就任于农科大学、农林学校、农商务省农事试验场等,肩负起对欧美农学的引进和转化、创立日本本土农学的任务。此外,日本自己多年培养的农科毕业生们,也成为日本农业科技事业的担当者,共同引领日本成为农学先进国家。

总之,日本政府富有历史远见的决策,成功地推进了日本的农业近代化,使日本从一个弱国变成了强国,从经济文化的后进国变成了先进国,在较短的时期内实现了从后进变先进的历史跨越。影响历史进程的因素很多,但政府的政策导向和组织效能起着决定性的作用。

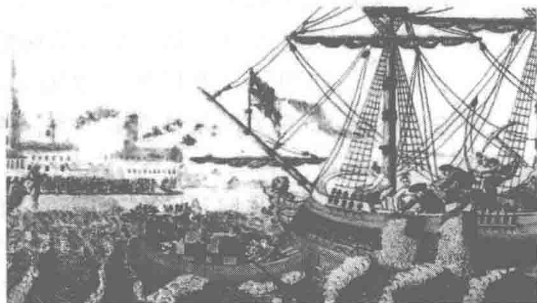
美国近代农业

我们首先要说明的是,在这里用“美国近代农业”的题目,只是为了与世界农业史对应,其实美国作为一个从英国的殖民地转变而来的新兴国家,1783 年才脱离英国统治而独立。

北美洲原始居民为印第安人。16—18 世纪,正在进行资本原始积累的西欧各国相继入侵北美洲建立殖民地,法国人建立了新法兰西(包括圣劳伦斯流域下游和密西西比河流域等处),西班牙人建立了新西班牙(包括墨西哥和美国西南部的广大地区)。

从 1607 年到 1733 年,英国殖民者先后在北美洲东岸(大西洋沿岸)建立了 13 个殖民地。这些殖民者在美洲的肥沃土壤上逐渐强大起来,他们慢慢地积聚起与宗主国分庭抗礼的能力。

1773 年 12 月 16 日,塞缪尔·亚当斯率领 60 名自由之子,化妆成印第安人潜入波士顿港的茶叶商船,把船上价值约 1.5 万英镑的 342 箱茶叶全部倒入大海(图 3-7),以此来对抗英国国会,最终引起著名的美国独立战争。从 1776 年到 1783 年,北美 13 个英属殖民地在华盛顿领导下发起脱离英国统治


图 3-7　波士顿倾茶事件场景［K］

的独立战争，并最终取得了胜利。这些殖民地便成为美国最初的13个州。美国正式诞生后，先后制定了一系列民主政治的法令，成为一个完全独立的主权国家。

以东部13个州为疆域范围的美国不断进行领土扩张，逐渐由大西洋沿岸拓展到太平洋沿岸。与此同时，国家经济发生了显著变化。北部地区受英国的科技文化影响率先进入了资本主义社会，而南部地区还处于中世纪的奴隶制庄园经济阶段。南、北方的经济各自沿着不同方向发展，差距越来越大，这种状况使南北矛盾日益加深。1861年4月至1865年4月，美国发生了南北战争，史称美国内战。最终北方的资产阶级领导的军队获胜，统一全国。

1865年开始了重建时期，逐步废除奴隶制。1877年，南部进行民主重建，制订了民主的进步法令。此后，美国完成了工业革命，经济实力大增。

第一次世界大战促进了美国的经济繁荣。战后，美国由欠60亿美元的债务国成为贷出100亿美元的债权国，美国成为最富有的国家。1921年，美国陷入全面经济萧条，执政的共和党提出"工业正常化"和"抢救资本主义"政策，两年后的1923年美国工商业出现了新高涨，经济刺激政策几乎立竿见影。此后几年，世界资本主义进入相对稳定时期，又给美国经济提供了一个良好的国际环境和发展机遇。美国国内固定投资活跃，建筑业、钢铁工业和下游的汽车工业空前扩大，商品和资本输出激增。

随着美国企业的进一步托拉斯化，私人垄断资本大为发展。但由于国内新兴工业畸形发展与生产过剩，国民经济各部门比例严重失调，生产和消费脱节，农业长期陷入慢性危机之中。1929年10月美国爆发经济危机，随后资本主义各国随之陷入1929—1933年的世界性经济危机。直到第二次世界大战爆发后，美国重振军备，才使经济得到恢复而走向繁荣。

两次世界大战期间，美国大发战争横财，国家综合实力空前提高，一举将它原来的宗主国英国远远抛在身后，由此奠定了其在资本主义世界的霸主地位。

由于美国在19世纪以后逐渐成为经济强国和科技强国，它的农业生产和农业科技也获得了空前的发展，成为全世界效法学习的典范。

19世纪初到第一次世界大战爆发前的100年左右的时间，是美国近代农业的奠基期。由于这一阶段的特点是大力垦荒，扩大面积，因此可称之为"平面拓展时期"(图3-8)。在农业发展史上，垦荒是成本最低、见效最快的经济发展手段，前提只是国家还有足够的可垦荒地。而美国在


图3-8　美国西部开拓者的生活［K］

建国初期，人口稀少，土地肥沃，只要开垦耕种，就能有收成。这种得天独厚的资源禀赋，使美国的农产品不久就出现了供大于求的情况。进入20世纪之初，甚至发生了农产品过剩、价格下跌、农场破产的农业经济危机。而且这次农业危机对美国东部农业打击最重，因为东部是美国工业经济的重镇，农场规模较小，抵御风险的能力弱。

一战以后，各国的农业生产次第恢复和发展，减少了对美国农产品的依赖，农产品国际市场萎缩，因此，美国农业在经济危机的冲击下，必然也难逃一劫。危机过后，20世纪30年代中期以后到二战结束之前，国际粮食短缺，市场需求扩大，为美国农业快速发展提供了难得的历史机遇，美国再次成为控制甚至垄断国际粮食市场的超级大国。

加拿大、澳大利亚、新西兰的近代农业

这三个国家都是英联邦(Commonwealth of Nations)内的主要王国，是新兴的移民国家。它们都占有优越的农业资源，拥有先进的农业技术和装备，而且人口少，土地多，是19世纪以后的主要农产品出口国，在世界近代农产品市场供应中占有重要地位。

英联邦是19世纪和20世纪初英帝国全球殖民主义的历史残留，由英国和已经独立的前英帝国殖民地国家或附属国组成。英联邦现元首为伊丽莎白二世女王，她同时身兼包括英国在内的16个英联邦王国的国家元首。英联邦没有设立任何权力机构，只是一个供各成员国进行政治、经济磋商与合作的松散组织。

1. 加拿大联邦

加拿大是北美洲最北的国家，西抵太平洋，东迄大西洋，北至北冰洋，东北部与丹麦领地格陵兰岛相望，东部与法属圣皮埃尔和密克隆群岛相望，南方与美国本土接壤，西北方与美国阿拉斯加州为邻。领土面积达998万平方千米，位居世界第二。

哥伦布发现美洲大陆后，欧洲的航海家、探险家和投机商人等各色人等纷纷踏上这片神奇的土地。人们从现今的美国东部沿海北上，发现了现在的加拿大。从16世纪起，加拿大沦为法、英殖民地。到1756年，法、英两国在加拿大爆发“七年战争”。由于法国战败，1763年加拿大成为英属殖民地。1867年7月，加拿大脱离英国统治而独立。

加拿大联邦政府成立后，首先推行的是西部大开发。但是，与美国相比，加拿大西部气候寒冷，适耕季节短，不利于农业发展。而恰在此时，美国内战后经济繁荣，工农业就业机会大增，吸引了加拿大西部移民迁居美国。因此，虽然加拿大政

府修建了贯穿东西的太平洋铁路，马尼托巴和萨斯卡切温出现了短时繁荣，但是西部开发并没有获得预期的效果。

直到19世纪与20世纪交接的时候，加拿大西部农业开发才进入了繁荣时期。这时候出现了两条有利条件：一是英国和西欧各国已摆脱经济危机的冲击，城市工矿企业迅速发展，对北美农产品的需求日益增加；二是美国西部开发已经接近尾声，宜农荒地已垦辟殆尽，而加拿大西部多数还是处女地。于是，新的移民潮再次涌入加拿大西部。不久，这里就成为世界著名的小麦粮仓。



图 3-9　加拿大西部农场［W］

在加拿大农业高速发展的过程中，既得益于欧洲的农产品市场的旺盛需求，也得益于英、法原宗主国的科技装备支持，比如农业机械化装备、先进的农耕方法、优良的小麦新品种，等等。随着移民源源不断地涌入，铁路网得以修筑，城镇群兴盛起来，里加纳、卡尔加里、爱德蒙顿等成为地区经济中心。今天，加拿大西部已成为世界上最大的产粮区之一（图 3-9）。

2. 澳大利亚联邦

澳大利亚陆地面积 768.23 万平方千米，人口主要是英国移民。

早在 4 万多年前，澳大利亚的土著居民便生息繁衍在这块土地上。1606 年，西班牙航海家托勒斯的船只驶过澳大利亚和新几内亚岛（伊里安岛）之间的海峡；同年，荷兰人威廉姆·简士首次作为外来人登陆澳大利亚，并曾命名此地为“新荷兰”。1770 年，英国航海家库克登上澳大利亚东海岸，将其命名为“新南威尔士”，同时宣布这片土地属于英国。

最初，英国人把澳大利亚作为流放囚犯的地方。1788 年 1 月 18 日，船长菲利普率领的 6 艘船共载 1 530 人，当中有 736 名囚犯，他们登陆澳大利亚的植物园湾，8 天后正式建立第一个英国殖民区，这个地方就是后来的悉尼。1790 年，第一批来自英国的自由民移居澳大利亚，以悉尼为中心，逐步向内陆发展。

1900 年全部 6 个殖民地举行全民公决，1901 年 1 月 1 日成立澳大利亚联邦，同时通过第一部宪法，6 个殖民区统一改为联邦的 6 个州。1927 年，澳大利亚首都迁往堪培拉。1931 年，英国议会通过《威斯敏斯特法案》，使澳大利亚获得内政外交独立自主权，成为英联邦中的一个独立国家。

澳大利亚是世界最重要的农产品出口国之一。18 世纪 70 年代，第一批英国

人在这块广袤大陆定居后，从事的主要就是农牧业，尤其是畜牧业。澳大利亚是近代农业科技发达的国家，经过200余年的发展，已经成为世界上重要的农产品出口国，农业生产高度依赖于国际市场，它的羊毛和肉类出口分别占世界的第一、二位，还是仅次于美国和加拿大的世界第三大小麦出口国。

澳大利亚的养羊业规模很大，被称为"骑在羊背上的国家"(图3-10)。由于这里草原良好，自流井多，气候干燥，适于绵羊生长和繁殖，到了19世纪20年代，绵羊数量达到6 000万只。羊毛是澳大利亚最主要的出口商品。目前，其羊只存栏数居世界第一。


图3-10　澳大利亚牧场［W］

作为新兴的农业大国，澳大利亚是20世纪以来世界主要初级农产品出口国。种植业有小麦、水稻、大麦、燕麦、高粱、甘蔗、棉花以及油料作物向日葵、大豆、亚麻、油菜、花生和红花等；热带和温带水果主要有葡萄、柑橘、苹果、香蕉、梨、桃和菠萝等；畜牧业有养羊业、养牛业(特别是奶牛业)，此外还是世界的林业和渔业产品的出口大国。

3.新西兰

又译纽西兰。这个被称为"世界边缘的国家"，全境面积26.8万平方千米。新西兰位于太平洋西南部，由南岛、北岛两大岛屿组成。

成为殖民地之前，公元10世纪，来自库克群岛和塔希提岛的波利尼西亚航海家乘坐独木舟来到新西兰。1350年起，毛利人在新西兰定居。

1642年，荷兰航海家塔斯曼在一次远洋冒险中发现新西兰的西海岸，但在企图登陆时遭到毛利人的攻击而迅速离去。后来的荷兰殖民者认为此地酷似荷兰的西兰省，故取名为新西兰。

1769年，英国海军舰长詹姆斯·库克及其船员成为首先登上新西兰土地的欧洲人，随后，捕鲸人、传教士、自由移民接踵而至。接着，英国政府宣布占领新西兰，并大批移民。1840年2月6日，英国迫使毛利人族长签订《威坦哲条约》，1856年新西兰成为英国的自治殖民地，1907年成为自治区，到了1947年完全独立。

19世纪50年代，新西兰成了澳大利亚的粮食供应地，每年向澳大利亚出口大量的小麦。1890年后，新西兰又成为英国的畜牧业产品特别是羊毛和肉类的供应基地。不久，新西兰的奥塔戈和西海岸发现金矿，淘金者纷至沓来，移民人口

激增，生产和贸易有较大发展。

第一次世界大战时，新西兰随英国参战，主要是输送兵员并供应食品和毛织物等军需品。由于出口市场有保证，工业有所发展，一度出现经济繁荣。传统上，新西兰的经济基础是农牧业（图 3-11），羊毛、肉类尤其是奶制品是主要的出口商品。


图 3-11　新西兰牧场［W］

此外，近百年来，新西兰历届政府重视采用近代农业科技装备发展农业，取得了高速、高效、高品质的成果。独立以来，新西兰一直是国际农业贸易的受益国。

徘徊在近代农业之外的夕阳国家

我们在上面列举了近代引领世界资本主义农业经济发展的几个代表性国家，这其中当然还应包括西班牙、葡萄牙、荷兰以及北欧几个以海洋贸易为主的国家。这些国家在大力发展本国经济的同时，还伺机大肆扩大海外殖民地，美洲、大洋洲、非洲的广大地区成为这些新兴的资本主义强国的猎物。

正当新兴国家如火如荼、争先恐后地发展资本主义经济的时候，在亚欧大陆却存在着几个落伍于时代的庞大帝国——奥斯曼帝国、沙皇俄国和清帝国。它们如同暮归的老牛，蹒跚在暮色苍茫的乡村阡陌间。我们在此只谈奥斯曼和沙皇俄国的情况，中国的近代农业照例在后面专设一章来叙述。

奥斯曼土耳其人是突厥人的一支，其祖先原居住在中国北方，从事游牧。公元 7 世纪，突厥人被唐朝军队打败，向西迁徙到中亚呼罗珊一带。13 世纪时，受蒙古西侵的威胁，又西迁至小亚细亚，依附于塞尔柱突厥人（西迁突厥人的一支）建立的罗姆苏丹国。罗姆苏丹赐予他们萨卡利亚河岸一块不大的土地，进行游牧生活。13 世纪中叶后，罗姆苏丹国在蒙古人的侵袭下逐渐衰落，1299 年游牧部落乘机宣布独立，建立了奥斯曼土耳其国家。

1453 年 5 月 29 日，土耳其人攻破罗马城门，突入君士坦丁堡，杀死拜占庭皇帝君士坦丁十一世，古城瞬间化为一堆瓦砾。奥斯曼帝国占领君士坦丁堡后，将其改名为伊斯坦布尔，意为“伊斯兰教的城市”，定为国都。

16 世纪上半叶，奥斯曼帝国达到极盛，它的版图从多瑙河的布达佩斯至尼罗河的阿斯旺，从幼发拉底河的伊朗（波斯）中部至阿拉伯半岛南部、曼德海峡，囊括了小亚细亚、东南欧、埃及、叙利亚、伊拉克、阿拉伯半岛、北非以及地中海、红海、

黑海地区的部分岛屿。

从 18 世纪后半叶，逐渐强大起来的西欧国家开始从外部侵夺奥斯曼帝国的领土；19 世纪兴起的民族解放运动则从内部开始动摇奥斯曼帝国的辽阔江山。从此，奥斯曼帝国夕阳西下、日趋衰落。1812 年塞尔维亚独立，1830 年希腊独立，1877—1878 年间保加利亚趁俄土战争之机取得自治权，1908 年宣布独立。第一次世界大战后，确定了现今土耳其的版图，1923 年废黜苏丹，帝国变为共和国。

在奥斯曼帝国统治时期或脱离其统治之后，帝国疆域内的近代农业没有跟上时代的步伐。如果说有些变化的话，只是受苏丹任命的埃及总督穆罕默德·阿里于 1805 年宣布脱离奥斯曼而独立，此后一个半世纪里，阿里家族统治埃及期间，积极发展农业，奖励采用农业新技术和新机器，并从印度引进棉花，推广先进的植棉技术，埃及也因此成为近代重要的原棉出口国。1882 年埃及又沦为英国的附属国。还有另一点变化就是，奥斯曼帝国在巴尔干半岛通过将国有土地私有化，形成了一大批占有土地的大地主，他们采用资本主义方式经营大型农场，种植小麦、大麦、玉米、棉花等，用于出口贸易，改变了过去的小农经济的个体经营方式，也吸收了一些当时西欧的先进农业成果。总之，奥斯曼帝国治下的疆土，至少落后于先进农业水平 200 年。

俄国的近代农业，始于莫斯科大公伊凡三世在位时期。这时候的俄国已经实现统一，建立了强大的中央集权政府，但是实行的却是过时的奴隶制统治，这与当时先进的资本主义制度相去甚远，根本谈不上什么近代农业经营。17 世纪初，罗曼诺夫王朝建立，沙皇米哈伊洛维奇于 17 世纪中叶通过法典，进一步固化了奴隶制度，使国内阶级矛盾尖锐，激起农奴发动大规模的起义和反抗，这样的虚弱国势下，农业经济的衰败可想而知。直到 18 世纪初，彼得大帝统治时期，俄国进行了一些农业领域的改革，才摆脱动乱贫困的羁绊，踏上了近代农业发展的末班车。比如，将农奴分为私人农奴、采邑农奴和国家农奴，规定采邑农奴和国家农奴可以进入城镇从事工商业活动。这个政策实际上解放了一大批原来被固着在土地上的农奴。另外，彼得大帝还积极引进良种绵羊，改进奶牛乳品工业，并在新扩张的南方领土上推广种植葡萄和烟草等高收益的经济作物。为了出口需要，又扩大了亚麻、大麻等纤维作物的种植，发展纺织工业，国家经济呈现出蒸蒸日上的局面。彼得大帝以后，俄国才成为欧洲强国之一。

虽然从国家综合实力和科技水平上看，俄国在近代落后于西欧各国，但是与中国同时期的清朝相比，它已经往前跑了很远。十月革命成功后，它一度成为我们效法的“老大哥”，就是从这个时候攒下的本事。

二、中国的近代农业



我国近代史的分期，是从 1840 年开始的。那一年，爆发了鸦片战争，从此中国陷入半封建半殖民地的深渊，这种状况直到 1949 年新中国成立才得以改变，所以这个时段就被定为“中国近代史”。但是，世界通史中的近代史，是从欧洲文艺复兴和新大陆的殖民运动开始的，史学界通行的近代史起点是 16 世纪初。为了叙述上的方便，特别是为了将我国从 16 世纪以来的农业与西方同时期的农业做出对照，使读者了解我们民族从什么时候开始失去了“先进”的地位，以致后来竟衰落到“挨打”的地步，本书中近代的中国农业便从 16 世纪初开篇。

1501 年是干支历辛酉年（鸡年），皇历大明弘治十四年。

近代史上的世界与中国

在 16 世纪前夜，欧洲发生了两件影响深远的大事：一件是文艺复兴运动。它是指 13 世纪后期在意大利各城市兴起，以后扩展到西欧各国，并于 16 世纪盛行于欧洲的一场思想文化以及艺术与科学的革命。它揭开了近代欧洲历史的序幕，被认为是中古时代和近代的分界，马克思主义史学家认为它是封建主义时代和资本主义时代的分界。另一件大事比较惊险而浪漫。1492 年 8 月 3 日，意大利航海家哥伦布受西班牙女王之命，带了 87 名水手，驾驶 3 艘帆船，徐徐离开西班牙的巴罗斯港，开始西行远航。在海上航行了 70 天以后的 1492 年 10 月 11 日，哥伦布看见海上漂来一根芦苇，高兴得跳了起来：“有苇秆！”航海家们都知道，见到漂浮的秸秆、树叶就表明附近有陆地。他们果然见到了一个岛屿。哥伦布把这个岛命名为“圣萨尔瓦多”，意思是“救世主”。1493 年 3 月 15 日，哥伦布返回西班牙巴罗斯港。后来直到 1502 年，他继续得到西班牙国王的资助，先后四次横渡大西洋，到达美洲大陆，成为名垂青史的航海家。

现在来看看我们的“郑和七下西洋”。公元 1405 年至 1433 年，明代航海家郑和率领 200 多艘船（最多的一次是 240 艘）和近 3 万人组成的庞大船队，从苏州太仓出发，七次远航西太平洋和印度洋，到达过爪哇、苏门答腊、苏禄、彭亨、真腊、古

里、暹罗、榜葛剌、阿丹、天方、左法尔、忽鲁谟斯、木骨都束等30多个国家,最远曾达非洲东部的红海、麦加。

同样是远洋探险,郑和的远航与哥伦布相比,时间早、规模大(船只多、海员多)、历时久。郑和的远洋航行早于西方将近一个世纪,远远先于麦哲伦、哥伦布、达伽玛等葡萄牙、西班牙的航海家,是史实确凿的当之无愧的"大航海时代"先驱。

但是这两个时间相近的航海大事件的结果却迥然不同。郑和七下西洋,并没有引领中国走向世界,没有促使中国走向开放。而哥伦布返回欧洲之后,被奉为英雄,他的发现为后来的欧洲开辟了一个新世界,一个新时代。

同样,中国在明朝晚期就通过来华传教士接触了西方近代科学,这个时间远比东邻日本早得多。徐光启的《农政全书》中就设了专章来介绍"泰西水法"。但是,明退清起,继续推行闭关锁国的政策,阻断了东西方文化的交流,在一个相当长的历史时期内,中国失去了吸收借鉴世界先进文化的机会。

举几个相关的例子。近代力学三大定律的发现者牛顿(1642—1727)于1665年在剑桥大学接受毕业论文答辩时,我们国家还在以"子击磬于卫"之类的题目举行作八股文的科举考试。这个时候,我们离近代式的大学教育还有250年!又如,1822年出生于奥地利农民家庭的孟德尔在1865年发现了生物繁衍的"遗传分离规律"和"基因自由组合规律",并推演出了相应的数学关系式,从而使农业育种产生了划时代变革。但是,与孟德尔同时代的中国农学家们在做什么呢?组织编撰《授时通考》,抄录几千年来留下的农业文献。还有,1871年12月到1873年9月,日本政府派遣了阵容庞大的"岩仓使节团"前往美欧各国巡访,回国后办农业大学,办试验农场,办农学报,开农学会,忙得不亦乐乎。这个时候我们在干什么呢?朝野上下都在听任一个不知"世界"为何物的宫中妇女"慈禧老佛爷"瞎折腾。我们的历史教科书里只说了"落后就要挨打",但是没有说我们为什么落后了。

西方农学的启蒙

科学的整体落后必然造成农学的落后,中国终于从一个原来的文化先进国逐渐变成了后进国,从一个强国变成了弱国。直到1840年鸦片战争惨败,暮气沉沉的古老帝国才为之一惊,为之一震!

当紧锁的国门被英国的"坚船利炮"炸开之后,觉醒的中国士绅阶层提出了"师夷长技以制夷"的主张。但是,"夷人"的"长技"是什么呢?中国人首先注意到的是西方的"坚船利炮",即他们强大的军事力量和发达的工商业。于是,人们都热衷于兴办洋务,练兵、开矿、通商成为一时风气。这时候,知识阶层"鲜有留心农事者"。经过一个时期的"富国强兵"的艰苦探索,国家依然没有摆脱积贫积弱的

局面，这才促使社会贤达们回过头来关注作为传统社会基础的农业，把精力转向西方的近代农业科学技术的介绍与引进。

说起对西方农学的启蒙，我们首先应当提到的是魏源。这位在当时颇有声名的开眼望世界的思想家，在他的不朽著作《海国图志》中，用极为赞美的词句对西洋的先进农业作了这样的描述："农器便利，不用耒耜，灌水皆设机关，有如骤雨。"稍后一点的另一位思想家王韬也在一次致江苏官员的信中提出，要购买和仿制西式"火机之纺器织具"和"犁耙播刈诸器"。其后，马建忠、郑观应、陈炽等一批经济思想家也积极主张引进西洋农业科技，以改变农业技术的落后局面，发展中国的农业生产。

在近代农业科技启蒙中，历史伟人孙中山留下了一笔巨大的思想遗产。作为近代民主革命的先行者，孙中山顺应时代潮流，领导人民建立了中华民国，但是学术界很少关注青年时代的孙中山对农业科技启蒙的贡献。1879 年，13 岁的孙中山前往夏威夷随兄孙眉生活，进入当地的学校读书。后又回国在广州、香港等地学医，于 1892 年在香港西医书院毕业。在这长达 10 余年的西方式正规教育中，孙中山不仅掌握了近代医学的专门知识，而且对于关乎国计民生的农学也有广泛的兴趣。1891 年他尚在香港学医时，就写出了《农功》一文。孙中山在该文中对西方国家先进的农政管理、农业教育和农业科技作了介绍，指出西方农业不仅得益于技术进步，而且还在于"农部有专官，农功有专学"，这表明他的农学关注点已经超出了他之前的农学启蒙思想家。我们在上文已经指出，最初的农学启蒙思想家只是关注西方近代农学的物化成果，较少介绍农学与社会的关系。由于孙中山具有丰富的西方社会生活经历和深厚的科学素养，因此他的农学视野显然比他的同辈启蒙思想家要宽阔得多。他甚至向清政府建议："派户部侍郎一名，综理农事，参仿西学，以复古初。委员赴泰西各国，讲求树艺农桑、养蚕畜牧、机器耕种、化瘠为腴之一切善法。"孙中山还指出了发展农业与发展工商业的关系："以农为经，以商为纬，本末备具，巨细毕赅，是即强兵富国之先声，治国平天下之枢纽也。"后来清政府果然成立了"综理农事"的农工商总局，并且也选派了农科留学生，我们不知道这一切是否与孙中山的首倡有关。

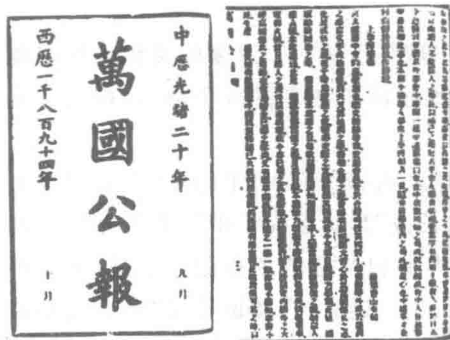


图 3-12　刊载《上李鸿章书》的万国公报［W］

1892 年，26 岁的孙中山在澳门、广州一带行医，由于受到当时的改良主义知识分子的影响，他曾于 1894 年写了一封长达 8 000 余字的《上李鸿章书》（图 3-12）。在这份上书中，孙中山认为，西方国家的富强，"不尽在于船坚炮利，垒固兵强，而

在于人能尽其才，地能尽其利，物能尽其用，货能尽其流”。在解释“地尽其利”时孙中山说：“所谓地能尽其利者，在农政有官，农务有学，耕耨有器也。”他甚至向封疆大臣李鸿章直言：“国家自欲行西法以来，唯农政一事未闻仿效，派往外洋肄业学生，亦未闻有入农政学堂者，而所聘西儒，亦未见有一农学之师。此筹富国之一憾事也！”他还以日本在明治维新后仿效西法获得成功为例子，说明只要清政府采纳他的建议，国家富强就可以指日可待：“其日不过二十年，必能驾欧洲而上之！”可是，李鸿章并没有理会青年孙中山的“天下兴亡，匹夫有责”的热血建议，没有“玉成其志”。正是由于上书提倡改良而不被清政府所采纳，加上目睹甲午战争中清政府的腐朽无能，使孙中山认识到“和平方法，无可复施”，从此走上革命救国的道路。

农学启蒙更直接更有效的形式之一是创办学术刊物和翻译介绍农业科学著作。借助这种最具社会传播扩散力的媒体手段，早期的农学启蒙在知识阶层和开明士绅中产生了广泛的影响。1896 年，经罗振玉、徐树兰、朱祖荣、蒋黻等人倡导，在上海创办了上海务农会。他们在务农会章程中写道：“农据四民之一，虽与工商并称，然必地面生材饶裕，方能讲求工作，推广贸易，则农实为工商之本。循流溯源，则农尤先务。”因此，他们一批同仁“立会海上，讲求此事，将以广树艺、兴畜牧、究新法、浚利源”。上海务农会在成立次年的 1897 年，即创办了中国历史上第一份农业学术刊物《农学报》（图 3-13）。该刊到 1906 年停刊，10 年间共发表了国外农业译文 700 余篇。此外，上海务农会还出版了一套《农学丛书》，收录农学译著 171 种，介绍了包括美国、日本、英国、法国和意大利等先进国家的农业科技、农政法规、农业教育、农业经济以及农业时事等内容。此外，江南机器制造局以及广学会、新学会社等团体，都组织译刻了不少农业教材。尤其是当时留学日本的中国学生，游学之余，他们还以自己在国外的所学所闻，翻译了当时的许多农学新著。所有这一切，都从不同的侧面增进了晚清社会各阶层对欧美及日本先进农学的了解，为中国近代农业科技事业的诞生起到了助产催生的作用。

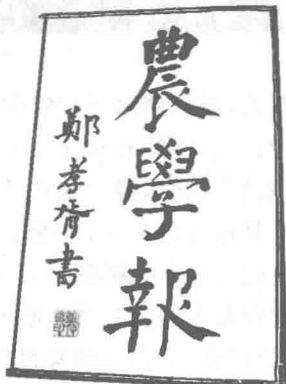


图 3-13　晚清出版发行的《农学报》[R]

应当指出，在农学启蒙过程中，除了少数在海外留学的青年学生，早期的农学启蒙思想家大都具有一个共同的特点，即他们作为一个特定的知识群体，都没有接受过西方近代农学的系统训练。他们只是从不同来源的分散的知识信息中，依稀地感觉到西方农学的先进。因此，他们所介绍的西方农学，是一种表象化的农业技术，或者说是一种被物化了的技术，比如农业机械和作物良种等。他们还没有揭示农业科技与整体科技文化之间的关系，没有揭示近代农业与资本主义工商

业之间的关系，没有揭示农业科学技术内部的整体性和系统性结构，等等。当然，他们的先知先觉般的提倡，对于沉浸于历史传统中的古老中国，对于承袭了数千年积淀的农业技术，依然产生了前所未有的震荡，如同暗夜中的一缕亮光，燃起了一种全新的希望。

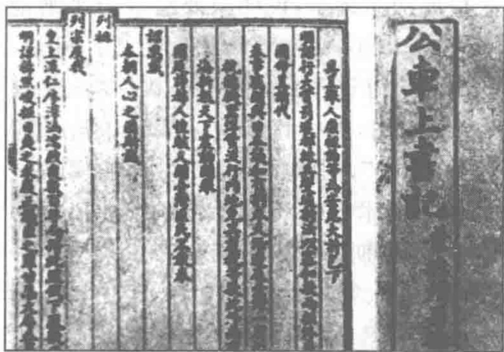


图 3-14　公车上书记［W］

历经鸦片战争至甲午战争半个多世纪的血与火的洗礼，面对日渐沉沦的国势，1895 年发生了一起历史上很有名的“公车上书”事件。以康有为为首的一批进京考试的青年知识分子，抱着救国图存的满腔热情，集体上书朝廷，鼓吹变法。其中提到国家农业变革时，首先就是主张效法先进各国的农业科技和农政管理。《公车上书》(图 3-14)中写道：“外国讲求树艺，城邑聚落皆有农学会，察土质，辨物宜。入会则百谷、花木、果蔬、牛羊牧畜，皆比其优劣，旌其异等……吾地大物博，但讲求未至。宜命使者译其农书，遍于城镇设为农会，督以农官。”梁启超更具体地说到，改良中国农业，应当“近师日本，以考其通变之所由；远摭欧墨，以得其立法之所自”。罗振玉在他的一篇论述农业改良的文章中也提到：“农业移植改良，日本之成效固昭昭矣，我国亟宜加意于此，而期农业之进步。”清末状元、著名实业家张謇也上书皇帝，请求谕令全国设立农会，以“广开风气，维新耳目”。



图 3-15　推动戊戌变法的光绪皇帝与康有为、梁启超［W］

从上述的农业改良启蒙过程可以看到，起初只是舆论意义上的对西方农业科技知识的宣传介绍，后来逐渐发展成为一股兴农兴邦的社会潮流，成为维新变法的一项重要内容。这次具有深远历史意义的农学启蒙的直接结果，就是光绪皇帝(图 3-15)于 1898 年接连发布了关于推行农业变革的上谕。5 月 16 日发布的上谕中说：“农务为富国根本，亟宜振兴，各省可耕之地未垦者尚多，著各省督抚督饬该地方官，劝谕绅民，兼采中西各法，切实兴办，不许空言搪塞。”在这则上谕中更特别指出：“上海近日创设农会，颇开风气，著刘坤一查明该学会章程，咨

送总理各国事务衙门查核颁行，其外洋农学诸书，并著各省学堂广为编译，以资肄习。”时隔一个月的6月15日，再次发布上谕说：“图治之法，以农为体，以工为用。著各省认真劝导绅民，兼采中西各法，讲求利弊，有能创新法者，必将立予优奖。”7月5日，再次发布上谕，命令在北京设立农工商总局，并要求各省“皆设立农务学堂，广开农会，刊农报，购农器，由绅富之有田者试办，以为之率”。

随着光绪皇帝关于农业变革的谕令的颁布，中国开始仿效先进国家的农政管理经验并推行了农业科研、教育、推广等一系列政策措施，完成了近代农学从知识启蒙上升为国家意志的历史性转变。从此以后，以实验农学为学科体系的近代农业科研、教育在中国得到了官方的承认和实施，历史从此翻开了一个新纪元。

晚清政府的兴农举措

农业科技体制化的标志，主要表现为如下三点：一是国家建立专门的政府机构专司其责，实施对农业科研、教育、推广的规划、管理、指导；二是建立农业科研、教育机构，由财政拨款兴办并接受国家行政管理；三是有专职的农业科学家和农业教育家，他们领取财政薪俸并为国家的农业发展服务。以这三点来衡量，中国社会的农业科技体制化，是自1898年光绪皇帝颁布农业变革的上谕开始的。作为当时的变法内容之一的兴农措施，虽然由于变法维新运动很快被清廷顽固派扼杀而有所反复，但近代农业依然按照它的特定轨迹在前进，始终随着历史的发展而壮大。

1898年，光绪皇帝接受维新派的主张，决定实施变法。当时维新变革的骨干分子康有为登殿上疏，建议变革后的中央政府设置12个职能部门，其中之一就是综理农业事务的“农局”。后来决定仿照日本农商省的建制，改称农工商总局。端方、徐建寅、吴懋鼎等人奉命负责组建。但事隔不到两个月，9月21日，以慈禧太后为首的顽固守旧派发动政变，废止了变法维新的一切措施，农工商总局也被撤销。到1903年，清朝政府再次倡行新政，复设一个商部，其中的“平准司”主管“开垦、农务、蚕桑、山利、水利、树艺、畜牧一切生殖之事”，实际上也是一个综理农事的机关。不久又以名实相符为由，改称农工商部。农工商部的设立，使农业科技体制化有了行政管理上的保证，使之得以在全国上下普遍推行。

刘坤一负责制定了当时的农业科技事业框架性规划。他在一次奏折中提出了四个方面的措施：一是选派农科留学生。“学生有愿赴日本农务学堂学习，学成领有凭照者，视其学业等差，分别奖给官职。赴欧洲、美洲农务学堂者，路远日久，给奖较优，自备资斧者，又加优焉”。二是译刻外国农书。“各省先将农学诸书广

为译刻，分发通省州县”。三是设立农务学堂及试验场（图 3-16）。“应先于省城设农务学校，选中学校普通毕业者肄业其中，并择地为试验场”。四是垦辟荒地作试验场。“今宜查明（荒地）实数，除已报垦纳粮者不计外，亦造册给照，宽期升科，即以此田作为试验农学新法之地”。


图 3-16　清末农工商部农事试验场旧址［R］

在中国的农业科技体制化过程中，日本的农业变革成就很自然地成为中国仿效施行的样板。当时无论是启蒙思想家还是清朝的达官要员，都提出要学习日本的经验和做法。正如张之洞在谈到选派留学生出国深造时，主张以去日本学习为主，认为“事半功倍，莫过于此”，并列举了五点理由：路近省费，可多遣；去华近，易考察；东文（日文）近于中文，易通晓；西书甚繁，凡西学不切要者，东人已删节而酌改之；中东（中国与日本）情势风俗相近，易仿行。因此，当时的农政机关、农业试验场、农业学校的规制章程，基本上都是日本建制的翻版，乃至于延聘外国农业教师和农业专家，也以日本为首选。

晚清的新式农学遗产

1911 年辛亥革命结束了中国长达两千年的封建社会，开启了中国社会制度的一个新纪元。如果我们舍去晚清社会在农学体制化过程中的一些细节，而仅以辛亥革命作为一个时间界碑，盘点晚清社会给后代所留下的农学遗产，那么可以看到这么一些统计数字：

农业教育方面，高等农业学堂 5 所，在校生 530 人；中等农业学堂 31 所，在校生 3 226 人；初等农业学堂 59 所，在校生 2 272 人。辛亥革命的前一年还在安徽省成立了一所私立高等农业学堂，但是没有史料证明这所私立高等农业学堂在革命的当年已经招生。此外还有一所当时的最高农业学府——京师大学堂农科，但是这个农科（1910 年改称农科大学）招生很少，1910 年只招收了 17 名新生，1913 年的毕业生人数为农学科 25 人，农艺化学科 17 人。农业教育的另一方面是农科留学教育。据不完全的史料统计，辛亥革命时，中国的农科留学生人数是：留学日本 112 人（其中各级农业学堂 58 人，帝国大学农科 54 人）；留学欧洲各国 12 人；留学美国 51 人。

农业科研方面，设有国立的农工商部农事试验场，还有省立的如山东农事试

验场、保定直隶农事试验场、江西农事试验场、奉天农事试验场等。值得注意的是，1908 年清廷厘订官制时专门设立了一个“劝业道”的机构，归督抚领导，其职责是掌管全省农、工、商、矿、交通数端。因此，各省劝业道实际上也兴办过一些农事试验场或类似于试验场一类的机构。到辛亥革命时，全国约有各级农事试验机构 40 余处，其建制、规模、经费来源则多种多样。总的说，清末的农学遗产中，农业科研的成效似不如农业教育那样显著。但不管怎么说，它总是已经开启了一个时代的先声，留下了可以写入史书的业绩。

还有一点应当提到，就是清末引进了国外的许多农业科技的物质成果，如新式农业机具、作物良种、牲畜良种以及化肥、农药等。这类引进，除了抽水机在一些地方有了实际上的应用外，大都只停留在试验阶段，没有在生产实际中应用，但它们的兴风气之先的作用是不可低估的。有人作过统计，晚清时期，中国各地先后引进国外农作物品种 40 余次，涉及棉、稻、麦、花生、玉米、烟草、马铃薯及各种蔬菜、水果等。作为生物物种资源，也许它们在后来的农业科研中起了今天所无法估量的作用。

由于农业科研成果的试验周期长，推广环节多，应用面分散，因此在晚清未能有实效，这也在情理之中。我们评估清代的农学遗产，应当看到，对于近代农业科技的确立，清代作出了它的历史性贡献。其中最重要的一点，就是它完成了近代农业科技从启蒙到体制化的历史转变。

民国政府的农业改革

1. 设立农政机构

1912 年元旦，新生的中华民国在成立南京临时政府时，其政府部门中设有实业部，该部兼有掌管全国农政的职责；同年中央政府迁往北京，将实业部析分为农林、工商二部；次年又将工商部中的商业职能划入农林部，名称也改为农商部。1927 年再度将农商部改组成农工部，但是这次改组不足一年北洋政府就倒台了。

北洋政府管辖下的各省地方政府，一般都设有实业厅，县级政府设实业科，形成了从中央到地方的农政管理体系。在一些边远小县，人力财力不足，政府机构不健全，其县内的农政职能则委由教育科掌管。总之，从政府建制上看，北洋政府的农政事业还是做到了“事有专司、业有专管”的。经过这么一番从上到下的农政管理体制的“改造”，基本上实现了农政管理体系的本土化，并且融入了中国的官僚文化体制之中，为中国社会所认同和接受。在政府的组织系统中确立近代式的农政体制，是北洋政府农业管理本土化努力的历史成果之一。此后的历届政府，大都承袭了这个农业管理体系。

有了一整套从中央到地方的农政管理部门之后，北洋政府就开始着手对清政府遗留的农业试验机构进行本土化改造。晚清时期的农业试验场多是生搬硬套地移植日本的模式创建起来的，由于脱离中国的农业生产实际，它们在当时没有取得应有的业绩。北洋政府除了对当时的中央农事试验场进行改组扩建之外，还针对中国农业的实际情况新建了一些具有专业性、地域性特点的新机构，例如，在北京天坛、山东长清和湖北武昌分别设立了林业试验场，又在河北正定、江苏南通、湖北武昌、河南彰德等地设立了棉业试验场，在河北张家口、北京西山、安徽凤阳设立了家畜良种试验场。这些农林试验机构都直属中央农商部，名义上都是国家级的科研机构。在当时的农业试验风气影响之下，不少省份也相继改组、扩建、新建了农业试验场。到 1917 年，全国共有各类试验场 113 处，其中最具有本土化特点的是那些与地方农业特点紧密联系的专业性试验场，如棉花试验场、水稻试验场、麦作试验场和茶业试验场等，它们都是为了解决中国农业生产中的实际问题而兴办的，是一种实用性的农业试验场所，而不是学理性的研究机关。

2. 兴办农业教育

应当说，民国成立初期，对教育事业是很重视的。当孙中山就任临时大总统时，就任命蔡元培为教育总长。蔡元培是精通现代教育理论的教育实践家和管理者，他一上任，就提出了许多教育改革的新主张，1912 年主持起草了《大学令》，当时通称“壬子癸丑学制”。这部教育法令，是民国政府对教育事业本土化改革的宣言。在晚清时代，教育体制基本上也是模仿日本的方式，甚至高等学校的教师也大都是从日本延聘。民国甫立，即博采欧、美、日本的近代教育之长，同时参酌我国的实际，对高等教育从组织系统到教育内容进行全面改革。在这部《大学令》中，农科列为大学的七科之一，入学条件规定为中等学堂毕业后须入大学预科 3 年，然后入本科 3 年或 4 年。同时在该《大学令》中，将清代的中等农校改为甲等农校，定为 4 年毕业；初等农校改为乙等农校，定为 3 年毕业。1917 年，位于南京的江苏省第一农业学校和位于苏州的江苏省立第二农业学校的教师过探先、王舜成、陈嵘、唐昌治等人发起成立了中华农学会（图 3-17）。

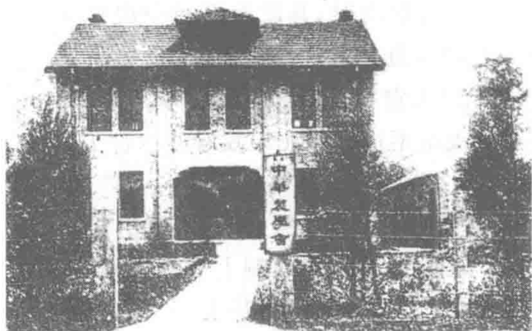


图 3-17　1917 年成立的中华农学会会址［R］

到 1921 年，教育部再次颁行《新学制草案》，并于当时呈请大总统公布，称为“壬戌学制”。该学制参照美国的学制，规定学制系列为：初等小学 4 年，高等小学

2年，初级中学和高级中学各3年，大学本科4—6年，大学专科3—4年，其专科4年者视同本科待遇。大学本科和专科均招收高中毕业生入学。新学制还规定，取消实业学校系统，改称职业学校，分为高等和初等两级，高等农业职业学校招收初中毕业生入学，初等农业职业学校招收高小毕业生入学。1921年制订的学历教育的阶段划分和学习年限的规定，一直被延用至今。

1924年，教育部颁布《国立大学条例》，同时宣布废除1912年的《大学令》和1913年的《大学规程》。这个条例规定，国立大学实行学位制，学生在大学内修学某个学科满4—6年，经考试合格准予毕业者，获得某学士学位；大学毕业后可进入大学院，研究有成就者可获得某科硕士或博士学位。同时还规定了大学校长、系科主任的职责，规定了学校须设立董事会、评议会、教授会等组织。这些制度对中国近现代教育产生了深远影响，它表明教育事业的本土化改造越来越受到社会各界的重视。

1913年教育部颁发的《大学规程》，规定农科大学（图3-18）分设四门（相当于四个学部），即农学、农艺化学、林学和兽医学，并且规定了每个学门所应开设的科目课程。例如，"农学门"本科在4年中所开设的部颁课程为：地质学、农艺物理学、气象学、植物生理学、动物生理学、法学通论、经济学、农学总论、土壤学、农业土木学、农学机械学、植物病理学、肥料学、作物学、园艺学、畜产学、养蚕学、家畜饲养论、酪农论、农产制造学、昆虫学、害虫学、细菌学、生理化学、农政学、农业经济学、殖民学、植物学实验、动物学实验、农艺化学实验、农学实验、农业经济实习、农场实习、林学通论、兽医学通论、水产学通论等，共36门课程。与清末以日本农科大学课程为基础所规定的课程比较，这时期中国农科大学所开课程增加了9门，逐渐形成了具有中国本土特色的农业教学课程体系。



图3-18　中国最早的农科大学校门［R］

科技本土化的核心是人才本土化，而本土化的人才必须在本土化的教学环境及本土化的教学内容中培养。但是，当时中国的农业教育存在许多问题。著名农学家沈宗瀚先生回忆其母校北京农业专科学校1915年前后的教学情况时，这样写道："外籍教授对中国情况茫无所知，自不待言。即使中国籍的教授，多系日本留学生及京师大学堂农科毕业生，教学中多摘译日本课本为讲义，购用日本动植物标本以代本国实物，农场实习不过播种、除草、施肥、收获等普通简单工作，教授

与学生对于中国农业认识甚少，遑论研究改良。”而那时的农科学生“几乎均为城市子弟，对于实地农情，极少明了”。这种情况在20世纪初期的中国农业学校中非常普遍，它反映了新旧教育思想并存、新旧学制交替的时代特点。针对农业教育中存在的问题，不少农学家纷纷提出了自己的主张和改进的意见。

当时任南京东南大学农科主任的邹秉文教授提出，农科大学应当承担四项基本职责：一为造就农民领袖及研究专家；二为研究解决农业上的困难问题；三为实行农业推广事业和农村成人农业补习教育；四为提倡襄助改良中国农业及农村生活的组织。

当时任北京大学农学院院长的董时进教授更进一步指出：“高等农业教育应当培养出多方面的专门人才，如农业技术人才、农业教育人才、农民领袖人才、农业行政人才、农业经营人才（如县知事）。”为了实现农业教育的目标，他认为必须切实改变农业教育脱离中国农业实际的状况，改变多数教员都由日本、美国教师以及由近期从国外留学归国的留学生担任的状况，改变在教学上生搬硬套地直接翻译外国农业教材的状况，必须提倡农业学校教师开展中国农业理论方面的探讨和农业科学实际问题的调查研究，以期推动中国农业的进步。

在本土化教学科研风气的推动下，自20世纪20年代开始，中国的农业教育家和农业科学家开始倾力编写切合中国农业实际的大学教科书。20世纪20年代公开出版的农科教材和教学参考书有：邹秉文等《高等植物学》、陈焕镛《植物学》、胡步青《应用植物学》、叶元鼎《农业化学》和《种烟学》、王陵南《高等果树园艺学》、章之汶《植棉学》、朱凤美《植物病理学》、蔡邦华《昆虫学》、周汝沆《作物学》和《稻作学》、侯过《测树学》、曾济宽《造林学》、邓植仪等《土壤学》、温文光《果树园艺学》、赵烈《家蚕生理学》、谢醒农《实用生丝检验学》、顾青虹《养蚕法讲义》和《人工孵化育种学》等。各大学自编自用的教科书，目前已无法汇集了。但从以上所列之出版教材情况看，当时中国农科大学已经在教材本土化方面取得了开创性的业绩，有的已经达到较高的学术水平。例如，上面提到的邹秉文、钱崇澍、胡步青等编写的《高等植物学》，被认为是中国学者编写的第一部植物学教科书，书中厘定许多植物学名词，如将此前所称之“隐花植物”改为“孢子植物”，“显花植物”改为“种子植物”，“羊齿植物”改为“蕨类植物”等，都受到学术界认同，定为植物学专用名词，沿用至今。此后直到1937年中日战争爆发之前，经各地出版机构发行的由中国教授编写的农科教材种类达到100余种。至此，基本形成了具有中国文化特色、针对中国地域情况、适合中国教学需要的大学农科教材体系。

3.农业科技的本土化改造

一个国家不可能依靠全盘引进他国的现成技术而实现科学技术的进步，这其

中关键的一个步骤是对引进技术进行适应性的“本土化改造”。日本在引进吸纳西方科学技术的过程中，也经历了类似的“本土化”问题，因此有的日本学者提出“技术风土论”，这正是对日本现代化发展的最深刻的历史总结与归纳。

为了改变科学技术落后的历史局面，19 世纪后半期至 20 世纪前半期的近百年间，中国农业科学技术的发展大致经历了三代农业科学先驱者的努力与奋斗。

第一代是旧式的士大夫知识分子，他们本身没有西方近代农学的素养，没有接受过西方近代的教育，但他们清楚地感受到了中国农业的落后。如本书前面所说：“他们只是从不同来源的分散的知识信息中，依稀地感觉到西方农学的先进。因此，他们所介绍的西方农学，是一种表象化的农业技术，或者说是一种被物化了的技术，比如农业机械和作物良种等。他们还没有揭示农业科技与整体科技文化之间的关系，没有揭示近代农业与资本主义工商业之间的关系，没有揭示农业科学技术内部的整体性和系统性结构。”

第二代是早期学成回国的农科留学生，他们是真正意义上的近代农学事业的开创者。他们在农业教育、研究、推广等领域，奠定了近代农学的学术基础。他们几乎都参与了中国的农业教育研究机构的创建直至大学科系课程的开设，留下了许许多多的中国农业科技史上“第一”，如第一个创办了某个专业，第一个开设了某门课程，第一个编写了某部教科书，等等。但是，由于当时中国各项农业科技工作都处于初创阶段，国内的实验式农学体系还未建立，因此这一代人主要是将国外的农学知识介绍引进到中国来，他们主要利用翻译过来的教材培养学生，科研上也多是照搬国外的做法，既少独创，又少切合中国实际。总之，在近代农业史上，第二代农学家承担了承上启下的历史责任。

第三代是以国内培养的农学人才为主，加上少数从国外学成回国的农科留学生。这一代人承接了前辈的工作基础，无论在科研上还是人才培养上，都做出了较大的成绩，尤其是他们在推动农业科技的本土化应用方面，在培养了解中国农业国情的专业人才方面，都写下了近代农学史上辉煌的篇章。需要特别提到的是，第三代中国农学家在他们的事业如日中天的时候，很不幸地遇到了长达 8 年的日本侵华战争和紧接着的 3 年中国内部的解放战争。他们在颠沛流离的艰苦环境中依然执著地坚持教书育人，坚持科学研究，把农业科学的“接力棒”亲手送进了新时代。

三、美洲作物的传播

1492 年，哥伦布发现美洲（图 3-19）之后，引发了欧洲人对这块“新大陆”的贪婪掠夺。他们在美洲殖民后，把原产于美洲的各种作物源源不断地带回欧洲，然后从那里传遍世界各地。16 世纪后期，西班牙人在南亚的菲律宾建立殖民地，再把经过欧洲各国选育改造的美洲农作物带到菲律宾，从菲律宾传到南洋各地。许多传到中国以及东亚各国的美洲作物大多是通过这条渠道传播的。



图 3-19　哥伦布登上圣萨尔瓦多岛［O］

美洲作物的引种与传播，改变了世界近代的农业结构和生产布局，特别是玉米、马铃薯、棉花、可可、番茄、烟草等作物的传播，几乎颠覆性地改变了世界的农业格局，改变了人类的饮食结构和生活习惯，成为近代农业发展的一个显著的增长点。

玉米

玉米（图 3-20、图 3-21、图 3-22），原产于美洲的墨西哥、秘鲁、智利安第斯山脉的狭长地带，是新大陆作物中有明确传播记录的作物，也是引起世界粮食构成发生重大变化的作物。按世界粮食产量排名，玉米第一，其后是小麦和稻米。据美国农业部的数据显示，2010 年，全球 113 个国家和地区的玉米总产量为 82 002.2 万吨，产量居前十位的国家和地区依次是美国、中国、欧盟、巴西、阿根廷、墨西哥、印度、南非、乌克兰、加拿大。可见玉米在世界粮食作物中的地位。

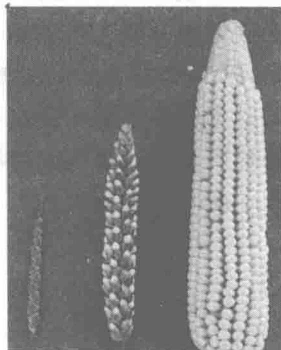


图 3-20　玉米的进化［W］

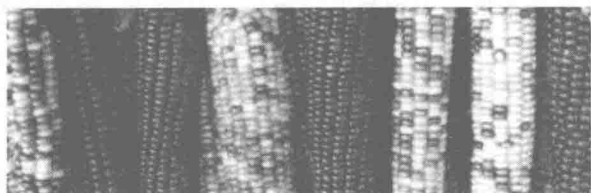

图 3-21 彩色玉米［W］


图 3-22 玉米田［W］

据说，1494 年，哥伦布奉西班牙女王之命，第二次去了美洲新大陆，回来后将玉米穗子作为礼物呈献女王。第二年，玉米的籽粒被栽种在王室的花园里，长成珍卉异草，供人观赏。这是玉米进入欧洲之始。当然，这不能说明就是这些呈送王室的玉米成为后来世界各地玉米的原种始祖。比较大的可能是，此后的各国航海家探险家接连前往美洲，他们分别将玉米带回欧洲，辗转传遍世界。

玉米离开它的家乡中南美洲的山地之后，首先进入欧洲，然后分三路传播到世界各国。

第一路是欧洲线。16 世纪初，从西班牙沿地中海进入葡萄牙、意大利、土耳其、希腊和北非。此后大约过了几十年，玉米翻越比利牛斯山，被带到了法国，再经威尼斯进入德国。1562 年传入英国。17 世纪初，玉米传到东欧，主要是由土耳其经巴尔干半岛传入俄国。18 世纪初传入罗马尼亚。到达波兰、捷克时，已经是 18 世纪后期了。由于传播线路多，持续时间长，因此，玉米在欧洲的名称很多，如印第安谷、牛奶谷、希腊米、土耳其麦、硬壳三棱麦、亚细亚小麦、意大利玉米、威尼斯玉米，等等。由这些名称也可探知一些传播的信息。

玉米在欧洲，开始时候大多是栽种在各国的宫廷和贵族的花园里，以观赏植物的身份悦人以奇而已，因此玉米在进入欧洲的开头 200 多年间，并未引起人们的太多关注，只是达官贵人的观赏之物。但是到了 18 世纪以后，欧洲接连发生大灾荒，玉米适应性广、高产稳产，优于原来的小麦、粟和水稻，因此欧洲一些国家作为救荒作物大面积种植，开始是穷人食品，后来逐渐成为大众食品，从此成为粮食家族的当家作物。

第二路是非洲线。16 世纪 20 年代，玉米进入北非，经突尼斯进入埃及、苏丹、埃塞俄比亚。1550 年前后，葡萄牙人把玉米带入西非象牙海岸。这之后，沿着殖民主义者贩卖黑奴的路线，玉米作为贩运途中奴隶们的果腹食物，传遍南非很多国家。

第三路是亚洲线。玉米向亚洲传播在时间上稍晚一些。大致是16世纪30年代，玉米通过陆路从土耳其经伊朗、阿富汗进入东亚，进入中国。另一路是在16世纪中期，从葡萄牙人开辟的东方航线，经过非洲好望角至马达加斯加岛，然后传到印度和东南亚各国，这也是玉米进入中国的路线之一。1579年，葡萄牙人把玉米带到日本长崎。

中国文献中关于玉米的记载，主要见于16世纪的一些古籍和地方志。1535年的陕西巩昌府《秦安志》，是现有文字资料中最早记载玉米的文献。

此后记载玉米的文献有：1551年的河南《襄城县志·玉麦》，1563年的云南《大理府志》，1574年的《云南通志》，1560年的甘肃《平凉府志》，1574年的安徽《太和县志》，1597年的陕西《安定县志》，1573年的田艺衡著《留青日札》，1578年的李时珍著《本草纲目》，1581年的慎懋官著《华夷花木鸟兽珍玩考》等。玉米在中国的名称也很多，如玉麦、御麦、玉蜀黍、番麦等。

农史学界普遍认为玉米传入中国有三条途径：

第一路，先从北欧传入印度、缅甸等地，再由印度、缅甸传入我国的西南地区。

第二路，由西班牙传至麦加，再由麦加经中亚传入我国西部，沿着古代丝绸之路传入中国。

第三路，从欧洲传入菲律宾，之后由葡萄牙人或者在当地经商的中国人，经海路引种到中国的东南沿海。

根据史料记载，从中国西北最早传入的可能性较大。1962年捷克斯洛伐克学者推断玉米传入中国的时间应该在1525—1530年之间，大致与陕西巩昌府《秦安志》对玉米的记载相符。

玉米初进中国，没有享受到欧洲的宫廷待遇，而是直接种在乡村的田边地角或菜园中。方志中说："偶种一二，以娱孩稚。"大概是作为乡村孩子们的零食吧。18世纪以后，人口增加，粮食短缺，零食变成了主食，玉米在中国开始大面积推广。

马铃薯

马铃薯是一种高产作物，是世界各地的主要粮食作物之一。2010年，世界马铃薯产量3.24亿吨，其中我国产量为0.82亿吨，相当于世界总产量的1/4，是马铃薯的生产大国。

马铃薯原产南美洲秘鲁的安第斯山区、智利沿海山地和玻利维亚等地。古印第安语称马铃薯为"巴巴斯"，意即"生命的食品"。巴巴斯第一次被旧大陆的航海家们看到，是在1536年。这年的一天，一支西班牙考察队到达马格达雷河上游，

也就是今天哥伦比亚境内北纬7°附近的万列兹镇。这些欧洲人惊奇地看到土著居民在吃一种当地人叫做"巴巴斯"的地下果实。考察队成员卡斯托雅诺在日记里写道："我们到达那里发现，印第安人种植的玉米、豆子和一种奇怪的植物，开着淡紫色的花，基部结球，含有很多淀粉，很受印第安人欢迎。"1565年，统治南美的西班牙人将马铃薯当作贡品献给国王腓力普二世，这是马铃薯登陆欧洲的最早文字记录，也由此开始了它通向世界的航程。

然而，漂洋过海、登陆欧洲之后，被印第安人奉为圣果的马铃薯却成为魔鬼的化身。有的国家把它叫地梨——地下长出的梨子，有的叫地苹果，有的叫地薯，这些名字都含有贬义，原因是马铃薯切开以后的切面容易变黑，这种黑色使欧洲人认定这个东西有毒。此外，自命高贵的欧洲人认为下等民族印第安人的食品不可能是什么好东西。这使得马铃薯在16世纪中期传入欧洲后很长时间都没有被作为食物，而只作为喂养家畜的饲料。

在许多欧洲国家，马铃薯的另一个用途就是作为一种观赏植物或药用植物，在宫廷和贵族的花园里寂寞度日。唯独有一个国家的人们是例外，这就是爱尔兰人，他们在见到马铃薯不久就把它请上了餐桌。因为爱尔兰人主要居住在山区，地偏高寒，种植其他的农作物都长不好，唯独马铃薯有着良好的适应性和抗逆性，在爱尔兰贫瘠的土地和恶劣气候中很容易就站稳了脚跟，所以粮食紧缺的爱尔兰人很快就接受了马铃薯(图3-23)。



图3-23　爱尔兰街头雕塑：抱住马铃薯［W］

18世纪中叶，欧洲的两大国家集团为了争夺殖民地而爆发了长达7年的战争。这场空前残酷的战争终于结束了马铃薯在贵族花园里的冷清岁月，战乱缺粮的严峻时势将它推上了拯救欧洲的历史潮头。在这样的特殊时期，作为粮食作物的马铃薯的优势，很快引起了欧洲各国政治家们的重视。可以说，最终改变马铃薯命运的是欧洲爆发的七年战争。由于旷日持久的战争，欧洲的农业生产急剧下降，饥荒像魔鬼一样游荡在欧洲各国的上空。马铃薯被广泛推广种植，最终成为拯救欧洲的粮食作物。

法国皇室采取的办法是，皇后率先把马铃薯的紫色小花簇作为装饰品。皇后是时尚的风向标，她的头饰插上马铃薯花，整个法国的时尚界全都追风跟进。于是，马铃薯的文化身价迅速抬高，变成一个有品味的东西，从而打破了人们接受马铃薯的心里障碍。有人开口吃下了最初的薯片，它的味道立即得到夸奖而被大家

接受。

德国和俄国则是由政府强制推广种植。据说俄国的彼得大帝推广马铃薯的时候，征用了农民一些土地作为种薯的繁殖基地，引起当地的农民恐慌。一些别有用心的人伺机煽动农民说，政府征地种植魔鬼“荷兰薯”，农民就会重新变成没有土地的农奴。农民的抵触情绪慢慢演变成农民暴动，这就是俄国历史上的“马铃薯暴动”。尽管发生了马铃薯暴动，但是由于政府坚持推广，以及马铃薯对环境的要求低而产量却比别的作物高，因此俄国的农民后来也接受了马铃薯。

就在欧洲人铺天盖地扩大马铃薯种植的时候，一种可怕的烈性病毒传染病——马铃薯晚疫病在主产区流行起来。许多马铃薯的集中产区遭遇了毁灭性的农业灾害。马铃薯晚疫病造成了爱尔兰的大饥荒，大批爱尔兰的土著居民不得不四处迁徙，一部分人迁徙到了欧洲的其他国家，还有一部分人飘洋过海来到美洲新大陆。据说肯尼迪总统的先辈当年就是随着逃难人群来到美国定居的。

到 18 世纪末，马铃薯传到了美国。奇怪的是，马铃薯原产南美洲，和美国就是一山之隔，然而，倒是欧洲人把马铃薯引了回去。经过了一个多世纪，绕过了大半个地球，马铃薯才从欧洲转到了美国。

可见，马铃薯走出故乡南美洲之后的旅程有坎坷，也有辉煌，特别是它对欧洲的食品供应有巨大贡献。不过，马铃薯的价值真正被开发和利用起来，还是最近几十年的事。随着现代食品加工科技的发展，特别是快餐食品的兴起，马铃薯迎来了它真正的辉煌期。

马铃薯如何传到亚洲，传到中国大陆，许多历史的细节已经无从查考了。1848 年的一部中国文献《植物名实图考》较详细描述了马铃薯的形状特征。但是，从文中内容看，这个记载肯定不是马铃薯初到中国的情景，因为文中说“黔滇有之”，又说“终南山之民种植尤繁”，两地分处南北，且种植普遍，可见已经是居民习惯的食品了。

大约比较确定的是，马铃薯传入中国也有三条线路。一条是台湾南洋线。1650 年，荷兰人斯特勒伊斯(Henry Struys)访问台湾，见到栽培的马铃薯，称为“荷兰豆”。1700 年或 1701 年间，也有西方人在舟山岛的定海县见到了栽种的马铃薯。可以据此推断，荷兰人把马铃薯带到台湾，明末清初传到东南沿海地区。1700 年的福建省地方志中也出现了马铃薯的记载。这时候的东南沿海地区，交通便利，与海外交流频繁，明清时期多种外来作物如甘薯、玉米等都是首先传入此地，因此马铃薯由此传入的可能性很高，然后再依次传到广东、广西以至贵州、云南。

另一条是西北线。17 世纪初期，由来华传教的宗教人士以及经商的商人将

马铃薯从欧洲(或经中转站印度和阿富汗等地)引入到中国的陕西。开始的时候,这些马铃薯主要是为了供当时在陕的欧洲人食用。

第三条是俄国线。这条线传入的时间较晚,大约在18世纪末至19世纪初。马铃薯从俄国或哈萨克汗国(今哈萨克斯坦)传入新疆、甘肃等地,然后再逐步传入山西、陕西和华北中原各地。

陆地棉和海岛棉

世界上的棉花(图3-24)有4个栽培种,即分别起源于亚、非大陆的亚洲棉(也称树棉、中棉)和非洲草棉(亦称非洲棉),以及起源于美洲大陆及其沿海岛屿的陆地棉和海岛棉。



图3-24 一望无际的棉田[W]

海岛棉又称长绒棉,原产于南美洲、中美洲和加勒比地区,因曾大量分布于美国东南沿海及其附近岛屿,故称海岛棉。它的纤维是一种细长、富有丝光、强度较高的棉纤维,是纺制高档和特种棉纺织品的重要原料。最早广泛栽培海岛棉的是南美洲的智利到厄瓜多尔地区,以后陆续传入北美洲、非洲的埃及、苏丹和亚洲的一些国家。世界著名的埃及棉原属海岛棉种,在埃及经长时间选育驯化,品质优良、产量较高,种植面积也最广。现在生产长绒棉的国家和地区主要有埃及、苏丹、前苏联地区、美国、秘鲁、摩洛哥等。

陆地棉又名大陆棉、美洲棉、墨西哥棉等,因最早在美洲大陆种植而得名,是世界上四大棉花栽培种中最重要的种类。目前,世界总产量90%以上的棉花都是陆地棉。

16世纪西班牙人进入墨西哥南部和尤卡坦半岛,发现当地植棉业已很发达,岛民将彩色棉纺成土布,做成当地人的服装。于是西班牙人就把这种奇怪的"树羊毛"带回了欧洲大陆,从此开启了棉花在全世界的繁衍历程。

在棉花传入以前,欧洲的土著居民自古以来主要以羊毛为纺织原料。英国纺织工业化初期爆发的"圈地运动",就是为了占用农民的土地开办养羊的牧场,而最终平息"圈地运动"的助力者就是引进的美洲棉花。16世纪中期,英国殖民地埃及开始大量种植棉花,不久就扩展到亚洲的印度。英国的全球性棉花种植基地布局完成后,大量原棉纤维被送进了英国的纺织工厂,从而改变了英国纺织业的结构,从单纯依赖羊毛到棉毛并用,再到以棉为主,减少了羊毛的用量,缓解了英

国农牧争地的尖锐矛盾，也减轻了英国的缺粮恐慌。

陆地棉传到中国的时代已经是19世纪后期了。19世纪以前，除西北地区有少量草棉种植外，我国各地种植的多是纤维较短的亚洲棉。据1866年的《天津海关报》记载："英国商人嫌中国棉花与印度棉花一样的绒短，不适于机器纺织。因而我们十分关注去年(即1865年，同治四年)将美棉种子引来上海种植的结果。"这是迄今为止有据可查的我国引入陆地棉的最早的文字记录。可见，最早从美国引入陆地棉的时间为1865年，首先在上海种植。

直到1892年，清朝洋务派湖广总督张之洞为给湖北机器织布局提供原料，电请出使美国的大臣崔国因在美国选购适应湖北气候特点的两种陆地棉种(名称不详)34担(1担为50千克)，在湖北省产棉较多的武昌、孝感、沔阳、天门等15个州县试种。但是由于棉种运到稍迟，发到农民手中已经错过播种适期，加之农民没有掌握陆地棉的栽培方法，栽培时密度过大，造成徒长脱落，从而导致这次引种失败。第二年，张之洞又从美国购运陆地棉种百余担。1896年，主张"棉铁救国"的张謇在江苏南通办大生纱厂，并从美国引种陆地棉在江苏滨海地区种植。后来，清政府农工商部从美国引进了乔治斯、皮打琼、奥斯亚等几个陆地棉品种，在黄河、长江流域主要产棉省广为试种。

1919年，上海华商纱厂联合会从美国引进8个棉花品种，在全国26处进行比较试植，选定脱字棉和爱字棉两个品种在全国推广。1933年中央农业实验所通过品种区域试验，选定斯字棉4号和德字棉531号两个品种，于1937年起推广；同时，又先后从美国引进隆字棉、珂字棉和岱字棉等陆地棉品种。到20世纪40年代末，陆地棉种植面积已占全国棉田总面积的52%，主要分布在黄河中下游各地，但在长江流域则大多仍种亚洲棉。直至20世纪50年代，亚洲棉才被淘汰，完全栽种陆地棉。

烟草

我们把烟草在世界的传播排在棉花之后介绍，是因为它在作物传播史上的地位相当特殊而且重要。之所以特殊，是因为在所有原产美洲的作物中，唯独烟草是一种"有害健康"的作物。之所以重要，是因为自从它成为文明社会的特殊嗜好品以来，世界各国的政治家们就把它当成摇钱树，垄断专营，征税销售，烟草是许多国家的重要税源。正因如此，明知烟草有害健康，却又让它传播。几乎所有文明国家都不提倡吸烟，甚至在法律上设定许多禁烟的场所和时间，但是也没有一个国家能像禁毒一样根绝烟草。在烟草问题上，政治家们都是伪君子。

据说，15世纪末，哥伦布第二次到达南美洲时就把烟草带回了欧洲。他当时


图 3-25 烟草花，有害的东西通常都好看［W］

只是觉得烟草的植株很美(图 3-25)，是当作奇花异草带回欧洲家乡的。最初，烟草在西班牙、葡萄牙仅作为观赏作物来栽培，还没有人知道烟叶的滋味。后来一些在南美定居的西班牙人从当地的印地安人那里学会了吸烟，他们又把这个陋习传回欧洲，从此天下烟民皆受其害。至于后世的机纸烟，则是英国人的创造，而且时间上要到 19 世纪后期了，因为印第安人在欧洲殖民者入侵之前没有发明植物纤维浆做成的卷烟纸。

接下来是一个法国人把这个陋习从西班牙带到了葡萄牙和法国，他就是让·尼古特先生，当时的法国驻葡萄牙大使。尼古特向来对美洲的奇异植物感兴趣，当他看到烟草那碧绿欲滴的硕大叶片和聚簇如伞的花朵时，顿感相见恨晚。于是，尼古特就从朋友高斯那里讨取了几株烟草，栽在大使官邸的花园里。有一次，尼古特的厨师不慎被菜刀划伤拇指，情急之下，尼古特想起有人说过用烟草的叶子包扎能治外伤，他试着让厨师在园子里取片烟叶包上，果然应验。这次经验使尼古特确信烟叶可以入药。

1561 年，尼古特把烟草带回法国，呈送给法国加瑟琳女王，并说这是“治病仙草”，女王拿起闻了一下，果然有点未曾闻过的异味，说不上香，当然也不臭。但是女王这一闻，却带出了个坏习惯：臣民上下都以闻鼻烟为时髦，很快在法国上流社会流行起来，挡都挡不住。后来流行全世界的“闻鼻烟”习俗大概就是从这一刻开始的。传到中国后，擅长工艺制作的巧匠们居然专门制作了刻画图案的鼻烟壶，据说现今的收藏价值高涨，一只小壶就能抵上一卡车的烟叶钱呢。

把烟草传到英国的是伊丽莎白女王一世时的雷利爵士。他周游各国，不知为何学会了吸烟。由于他是名人，他的吸烟就有了名人效应，有不少人跟着学。从烟草传播的经验看，名人一定要检点些，否则要带坏一个世界。

后来，随着欧洲的殖民地扩张，烟草自欧洲传至亚洲，渐渐地传至日本、印度、菲律宾和中国。

烟草传入中国，也有多条路线，并非一时一人所为。明代张介宾的《景岳全书》说：“烟草自古未闻。近自我万历(1573—1620)时，出于闽广之间，自后吴、楚地土皆种之，总不若闽中者色微黄质细，名为金丝烟者，力强气胜为优。求其服食之始，则闻以征滇之役，师旅深入瘴地，无不染病，独一营安然无恙，问其故，则众人皆服烟。由是遍传，今到西南一方，无分老幼，朝夕不能间矣。”这是从福建、广

东传入的说法。溯其源，应是葡萄牙殖民者带到菲律宾，然后传到福建、广东，再西传云南、贵州。

另一条路线是在明代万历年间(1573—1619)，土耳其的烟草由意大利威尼斯商人带来，沿着商贸线路，依次传到印度、中国和日本等。

第三条路线，从朝鲜传入辽东。朝鲜人称烟草为南蛮草，又名南草。万历年间(1616—1617)由日本输入朝鲜。天启辛酉、壬戌(1621—1622)后，朝鲜吸烟的人很多，后由商人输入沈阳。清太宗因其非土产，下令禁止。据朝鲜《李朝仁祖实录》记载，公元 1637 年(明崇祯十年、清崇德二年)，朝鲜政府以南草作礼物，送给建州官员“南草三百余斤”，而这个官员“从之”，收下了。

烟草已经传遍了世界。只要人类不能自控自制，烟草就不会离开，法律和道德都奈何不了它。

可可


图 3-26　挂果待收的可可树 [W]

3 000 年前，美洲的玛雅人就开始培植可可树(图 3-26)。当地土著居民习惯将可可豆烘干碾碎，加水和辣椒，混合成一种苦味的饮料。这种饮料中的可可碱和微量咖啡因可产生兴奋作用。这种饮料后来流传到南美洲和墨西哥的阿兹特克帝国。

16 世纪时，哥伦布和稍后到来的西班牙人都发现并描述了这种植物和饮料，但他们对此似乎不感兴趣，因为他们并没有鼓吹可可饮料的好处和味道。据说在 1544 年，来自多米尼加的玛雅贵族代表团拜访了西班牙的腓力王子，他们随身携带着自己喝的可可饮料。这种加了香草汁的起泡沫的饮料，引起西班牙人的兴趣。这之后，王室也开始制作这种饮料，并作了改进：一是为减少苦涩的味道而加入了糖，二是为了适合西班牙人的味觉习惯而添加了他们喜欢的配料。

1585 年，一艘满载可可豆的远洋帆船离开墨西哥直达西班牙，对可可来说，这是一个历史的开端，因为欧洲人从此把可可打造成人类的三大饮料之一。这次西班牙人带了好头，不像当初他们喜欢上烟草那样。饮用可可的习惯逐渐从西班牙向欧洲大陆悄然扩散。1657 年，一位法国人在伦敦开了第一家销售巧克力的商店，可是商店的名称却叫“咖啡烟草商店”，因为当时伦敦的普通百姓并不太熟悉可可这种饮料，所以商店的主人才会弄个“挂咖啡卖可可”的招牌，倒不是为了

忽悠客户。到1674年，发明了制造固体巧克力的方法，现今全世界的机场候机楼里，过往的客人购买最多的就是免税的巧克力礼盒。

在固体巧克力发明之后的相当长时间里，它一直是昂贵的奢侈品。如果你的身份够不上达官富人，基本上只能奢望不可品尝。18世纪以后，西方国家在热带地区的殖民地种植可可的面积扩大，加上加工技术的成熟和普及，巧克力的价格才降到平民能够消费得起的水平。

我国只有南方少数热带地区适合栽种可可树，但历史上没有引种可可，直到1922年才引入可可在台湾省试种。1954年由华侨少量引入海南兴隆华侨农场试种。1956年海南保亭育种站引种试种，植后2年开花结果。中国热带农业科学院香料饮料研究所于1960年开始可可的引种试种，并把可可列为重要研究对象，对可可的生物学特性、优良品种选育、良种繁育技术、丰产栽培技术、标准化生产技术等进行了系列研究，选育的8个高产可可种质达到世界先进水平。

番茄

番茄又称西红柿(图3-27)，原产南美洲的秘鲁、厄瓜多尔等地，在安第斯山脉至今还有原始野生种，后传至墨西哥，驯化为栽培种。大约在16世纪中叶，由西班牙、葡萄牙商人从中、南美洲带到欧洲，再由欧洲传至北美洲和亚洲各地。初以其鲜红的果实作为庭园观赏用，后才逐渐食用。如今，番茄作为一种世界性的主要果蔬作物，以美国的产量最高，俄罗斯的栽培面积最大，中国、日本、埃及、墨西哥及意大利、西班牙等国都大量生产。

番茄是明代传入中国的，但是当时叫“番柿”，因为酷似柿子、颜色是红色的，又来自西方，所以有“西红柿”的名号。从中国又传入日本，日本也称它为“唐柿”。明清时期，对于经海洋线路传入的作物都习惯加“番”字，表示来自异国的意思，于是又称为“番茄”。在台湾北部俗称“臭柿”，南部叫做“柑仔蜜”。



3-27 西红柿（晋萍摄）[Z]

与大多数作物的传入一样，番茄也是经由多条途径传入我国的。

最初从海路传入我国南方的番茄，其途经可能有两条：一条是从欧洲沿印度洋经马来、爪哇等地传入我国南方沿海城市；另一条是经“太平洋丝绸之路”，先从美洲传到菲律宾，然后进一步传到我国沿海。因为，17世纪番茄已经传到菲律

宾，所以极有可能经东南亚传入我国。成书于 1621 年的《群芳谱》记载："蕃柿一名六月柿。茎似蒿，高四五尺，叶似艾，花似榴，一枝结五实，或三、四实……草本也，来自西番，故名。"由于荷兰人 1622 年才占据台湾，所以《群芳谱》记载的番柿不是经台湾传入大陆的。

另外的途径就是先从荷兰传到台湾，再从台湾传入内地。1622 年荷兰占据台湾后，很可能传入番茄。康熙、乾隆年间的《台湾府志》、《台湾县志》、《凤山县志》等地方志中有多处"柑仔蜜"的记载。由此可以推断，福建的番茄很可能是由台湾传入的。

此外，进入 20 世纪初期，俄罗斯获得在我国东北地区修建远东铁路的特权，他们在铁路沿线种植了他们习惯食用的番茄，因此东北的当地人称番茄为洋柿。1915 年的《呼兰县志》记载："洋柿，本俄种也。实硕大逾于晋产，枚重五六两，生青熟红，味微甜。"可见，民国初期，从俄罗斯传入了番茄的北方品种，在东北地区栽培。

在这里需特别指出的是，我国明代及以前的文献中虽早已有番茄的记载，但那并不是现在所说的番茄。如元代《王祯农书》(1313)茄子篇中就著录有番茄，那不是番茄属的番茄，而只是茄子的一个品种。

甘薯


图 3-28　甘薯［W］

在原产美洲的粮食作物中，甘薯(图 3-28)的影响力要小得多。目前全世界每年的甘薯栽插面积约 900 万公顷，我国常年种植面积在 550 万公顷左右，占世界总面积的 60%左右，年产鲜薯 1.06 亿吨，相当于世界总产量的 85%左右。因此，说到甘薯的传播，实际上主要就是在中国的传播。

关于甘薯引入中国的时间，一些学者考证认为，明代嘉靖四十一年(1563)的云南《大理府志》有"紫蓣、白蓣和红蓣"的记载，即为中国史籍最早记录，认为蓣即甘薯。

明代万历二十一年(1593)商人陈振龙从吕宋(位于菲律宾群岛的北部)将甘薯引入福州长乐县，相传他在 1593 年初回国的时候，把薯藤秘密缠绕在航船的缆绳上，表面涂上污泥，巧妙地躲过了殖民者的检查，顺利通过关卡，航行 7 天到达福建。当年 6 月陈振龙叫他的儿子陈经纶向福建巡抚贡献薯藤，并说明甘薯的用途和种植方法。明代万历二十二年(1594)《福宁府志》记载："番薯，有红白二色，

郡本无此种，明万历甲午岁荒，巡抚金学曾从外番购种归，教民种之，以当谷食。”同年的福建《闽侯县志》也有同样的记载。

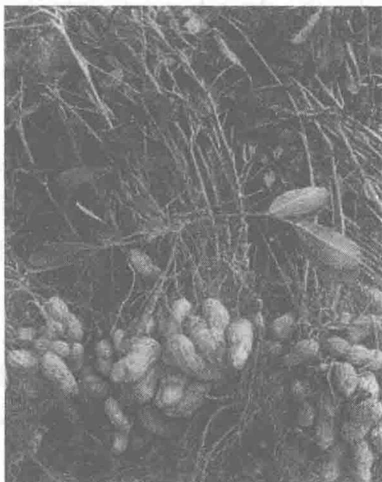
清代周亮工撰《闽小记》说：“番薯，万历中闽人得之国外，瘠土砂砾之地皆可种之。初种于漳郡，渐及泉州，渐及莆，近则长乐、福清皆种之。盖渡闽海而南有吕宋国，其国有朱薯被野连山。”

传入我国的甘薯也同样是多个渠道进入的，大致可复原出两条路线：先是在16世纪末从吕宋传入福建，经漳、泉而北渐及莆田、长乐、福清，由此北上，到17世纪初达江南松沪等地，17—18世纪传入河南、山东、河北、陕西等地；在18世纪从越南传入广东电白，但其时广东已普遍栽培了，从越南来的也许只是一个不同的品种而已。

在中国历史上，甘薯多数时候是作为救荒作物而得到推广的。甘薯的适生性好，而且用藤蔓扦插繁殖，可以短时间内反复扩繁，特别是其嫩叶幼茎即可入食，在灾荒之年，栽种下去月旬之间即可采摘，这个特性能救人命于水火，非常及时有效。因此，历代官府均大力推广，不遗余力。今天，甘薯依然是中国人的重要食品。特别是近年营养学研究认为，甘薯位列健康食品之首，更是促进了甘薯的消费，从而扩大了种植的面积。

花生

传入我国的花生（图3-29）有小花生和大花生两种。大花生是晚清时期才传入的，这个历史记载比较明确。最早传入的是小花生品种。关于小花生的传入时间、地点和携带的主体等，都蒙着一层迷雾，许多历史细节已经无法考证。


图3-29 花生［W］

我国古籍对花生最早的记载出于明朝中期的长江下游的三角洲地区。例如，1503年（明朝弘治十六年）的《常熟县志》载：“落花生，三月栽，引蔓不甚长。俗云花落在地，而子生土中，故名。霜后煮熟可食，味甚香美。”此外，1504年的《上海县志》和1506年的《姑苏县志》也都有花生的记载。连续有几种地域相近的地方志书记述了花生的形态特征，相信这个记载的事实当属不假。

问题是，花生来到中国的1503年距离哥伦布第一次登上美洲大陆的1492年

只有 11 年,距离哥伦布第四次也是最后一次从美洲回到欧洲的 1502 年只有 1 年。谁能在这么短的时间里把花生从欧洲带到中国长江下游地区?谁能使花生在传入之初就让当地农民接受并推广种植?这里面存在一些疑问。首先是谁把花生带到了中国?我们首先想到的是西方的传教士,但是,明朝实行闭关锁国政策,除了官方正式派遣的使节外,禁止一切外国人进入。例如,被称为天主教来华传教先驱者的西班牙人方济各·沙勿略是在花生传入中国 3 年后的 1506 年才出生的,他到 1552 年 4 月才尝试组织一个使团进入中国,但是没有成功。因此,可以基本排除是传教士首先将花生带进中国。我们认为比较大的可能是西方的使节。随着航路通畅,西方各国开始主动加强与东方国家的联系,尤其是元朝时的马可·波罗关于中国的游记在欧洲几乎家喻户晓,连哥伦布都说是受马可·波罗的影响才冒险远航的。当时南京是明朝的"副都",一般级别较低的使节团可在长江口登陆,至南京拜见明朝命官即可。他们把花生带来并赠与在港口迎接的地方官员,随后就在当地分发给农民种植,这种可能在逻辑上应当是切合的。

到 17 世纪,花生种植已经比较普遍了。明代万历刻本《学圃杂疏》说:"香芋、落花生产嘉定,落花生尤甘,皆易生物,可种也。"明代晚期的《农政全书》引用了同样的记载:"开花,花落即生,名之曰落花生,皆嘉定有之。"

当然,花生进入中国,并非仅此一途。1511 年葡萄牙人进驻东印度洋葡属摩鹿加群岛(今属印度尼西亚),与当地的特尔纳特及蒂多雷苏丹发生激烈冲突;葡萄牙人平息与土著的冲突成功殖民后,又与随后到来的西班牙人、英国人和荷兰人发生利益争夺,最后荷兰人获胜。由此可知,16 世纪初以后,西方殖民者将花生带到了东南亚种植,然后由中国商人将花生反复多次带回了中国东南沿海一带。因此,明代中后期的记录中多次出现花生传入的记载,这是完全可以理解的,例如万历年间的《仙居县志》记载:"落花生原出福建,近得其种植之。"读者需要注意的是,葡萄牙人 1511 年才来到东南亚,比中国出现花生记载晚了 8 年,所以可以肯定,花生不是葡萄牙人最早传入中国的。

19 世纪中后期,大花生传入我国。首先引种大花生的是山东省。据原金陵大学农林学院农业实验记录:"山东蓬莱县之有大粒种,始于光绪年间,是年大美国圣公会副主席汤卜逊自美国输入十瓜得大粒种至沪,分一半于长老会牧师密尔司,经其传种于蓬莱,该县至今成为大粒花生之著名产地。邑人思其德,立碑以纪念之,今犹耸立于县府前。"最早对大花生的记载见于《平度州乡土志》:"同治十三年(1874),州人袁克仁从美教士梅里士乞种数枚,十年始试种,今则连阡陌矣。"由于大花生引进是晚近的事情,记载比较详确,省去了历史学家们的许多考证之劳。

辣椒

关于辣椒(图 3-30),我国最早的记载见于明代高濂的《遵生八笺》(1591),称之为“番椒”。1621 年的《群芳谱·蔬谱》也载有:“番椒,亦名秦椒,白花,实如秃笔头,色红鲜可观,味甚辣,子种。”这两者是目前公认的中国辣椒的最早记载。关于辣椒传入中国的路径,可能性最大的有三条:一是从浙江及其附近沿海传入,二是由日本传到朝鲜再传到中国东北,三是从荷兰传到台湾。



图 3-30 辣椒 [W]

明清时期,辣椒在各地的名称很多,华北、东北和西北地区叫番椒、秦椒,浙江、安徽叫辣茄,湖南、贵州、四川叫海椒、辣子,广东、广西叫辣椒,湖北叫赛胡椒,还有些地方叫辣角、辣火、辣虎。

辣椒最先引入华东的浙江、东北辽宁,然后由浙江传到中西南地区的湖南、贵州和华北地区的河北;雍正年间增加了西部地区的陕西,华北地区扩展到了山东;乾隆年间华东地区扩展到安徽、福建、台湾,湖南周边地区扩展到广西、广东、四川、江西、湖北,西部扩展到甘肃;嘉庆年间华东地区又扩展到江苏;道光年间华北地区扩展到山西、河南、内蒙古南部,此时华东、华中、华南、西南(除云南)、东北、西北的辣椒栽培区域已连成一片,清人吴其在《植物名实图考》中记载“辣椒处处有之”是准确的。考虑到从辣椒种植到方志记载有较长的时间间隔,因此,这一过程实现的实际时间应该要更早一些。

其他美洲作物的传播

传入中国的美洲作物,除了上面介绍的玉米、马铃薯、陆地棉、烟草、可可、番茄、甘薯、花生、辣椒等主要作物之外,还有豆薯、木薯、南瓜、向日葵、菜豆、利马豆、西洋苹果、菠萝、番荔枝、番石榴、油梨、腰果、西洋参、番木瓜、佛手瓜、蕉芋、笋瓜、荷包豆、蛋黄果等近 30 种。限于篇幅,我们不能一一介绍,谨予从略。

四、近代农学体系的建立

与古代的“经验农学”相对而言，近代农学被称为“实验农学”。也就是说，近代以来，农业科学的发展进步，不再是传统农业社会那种依靠经验积累、整体观察和外部描述的农学体系，而是基于个体观察、内部剖析和科学实验所建立起来的农学体系。这是一个变革的时代，一个创新的时代。今天的农学领域许多基础学科，都是从近代发展而来的。

古代的农学家也采用过一些实验方法，但是我们不能认为古代的农业试验与近代的实验农学是一回事。比如，公元5世纪中期的《齐民要术》作者贾思勰提出编写农书要“验之行事”；17世纪的《农政全书》作者徐光启亲自在涞水县开渠种稻，进行北方地区的水稻栽培试验，并写出了《宜垦令》、《北耕录》等书；明代理学家王阳明为了践行儒家“格物致知”的理念，在他自家的院子里，端坐木凳上，连续7天观察竹子生长，以至体力不支而晕倒，等等。前人的这些躬身实践的精神可敬可嘉，可是这些做法仍不能归入实验农学的范畴，因为我们所说的近代实验农学需要具备三个条件：一是要有明确的实验对象和技术路线；二是要有严密的实验环境控制和过程记录；三是要有完整的实验数据支持试验结论并能够让第三方据以重复试验和检验。

用以上的三条来对照古代的农业试验，就可以发现他们只是做了“试验”，但还不是“科学实验”，因为当时都没有严密的实验设计，也没有留下可供第三方检验的“实证数据”，而后面这两点正是“科学实验”的要旨。

近代的农学家们开创了许多新的农学研究领域。比如，对动植物的个体进行解剖分析；探究动植物个体的内部结构乃至细胞结构，以便发现生命活动和种群遗传的规律；利用人为控制的空间环境（比如实验地或实验室）来进行生物生长过程的模拟实验，从而在较短的时间内发现和抽象出生物个体的生长规律，并以此来指导农业生产，实现产量或品质的提高。这就是近代的“实验农学”。

近代农学在400年的时间里，完成了从诞生到成熟的发展历程。其间大致经历了三个阶段：一是自发性农学研究阶段，二是体制化协同研究阶段，三是体系化

的学科发展阶段。

自发性农学研究的兴起

从科学研究的目标设计和应用前景来说，农学的本质是一门应用科学。它主要是针对农业生产和经济运行的实际需要，依据基础科学如数学、物理学、化学、天文学、地理学和生物学的发现和理论，发明指导生产实践的技术、方法和措施，用以实现农业的发展和提高。

在近代农学的萌芽时期，它与生物学的求知求真的探索性研究密不可分。也就是说，这时的所谓"实验农学"还没有形成一个独立的学科，它的许多研究都是依附于基础学科来开展的。早期的研究选题，大多来自研究者个人的爱好，与农业生产实际需要相距很远，但是它的研究结论和成果能够被农业生产应用。此外，这些研究者多数不是职业科学家，他们并没有因研究工作而获得工资或酬劳，他们的研究活动只是为了满足求知的欲望，或者说是无私的奉献。

开创实验农学先河的一个经典研究选题是对一株盆栽的柳树的研究。1642年，荷兰科学家赫尔蒙特为了探究"植物靠什么长大"的问题，设计了这个材料、方法、数据都完全符合科学实验规范的柳树实验（图 3-31）。实验开始时的基本数据是，盆中土壤干重 90 千克，扦插的柳条净重 2.3 千克。在整个 5 年期的实验过程中，只根据情况给柳树浇水，不向盆中添加或施用任何其他物质。5 年后的实验结果是，原先 90 千克的土壤减少了 90 克，而柳树增重至 74.6 千克。在这个实验中，赫尔蒙特得出的研究结论是："植物靠水长大。"不过，赫尔蒙特是个化学家，主要研究气体化学，所以他很快想到柳树生长过程中，"空气"可能有着重要的"助长"作用。于是他对盆栽的柳树枝进行"干馏"试验，发现有气体释放，他据此修正了前面的结论：植物生长的大部分物质可能是从空气中吸收的。这个修正的结论给后来的植物生长试验带来了方向性的指引和启迪。

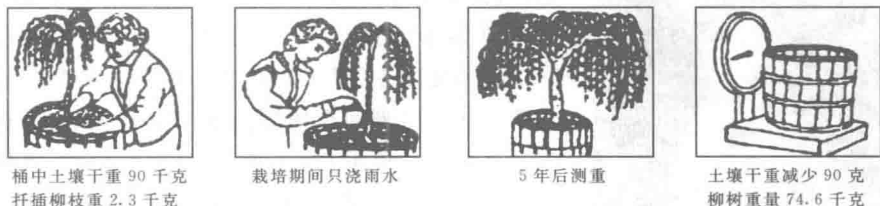


图 3-31　荷兰科学家赫尔蒙特的柳树盆栽试验 [W]

许多对此感兴趣的科学家接着做了不少相关实验，使人类越来越接近对植物生长的要素和本质的认识。1772 年，英国化学家普利斯特利把一个活的植株放入蜡烛燃烧过的或动物呼吸过的密闭玻璃容器里，他发现植株可以使容器中的空

气变得清新起来，但是普利斯特利没有弄清植物为什么能够“清洁空气”。他的同龄人因根浩斯对这个实验结果提出了解释：植物能够净化空气，是太阳光和植物叶片的绿色部分相互作用的结果。这个解释接近了植物光合作用的原理。瑞士科学家塞内比尔进一步发现了植物释放和吸收二氧化碳的现象，它是使容器中的空气恢复清新的必要因素。这个解释又向真理靠近了一步。另一位瑞士化学家索秀尔后来观察到，植物通过叶片吸收二氧化碳，与根部吸收的水分相结合，形成醣类物质，并向空气中释放出氧气。他还发现，在黑暗中，植物通过叶片吸收氧气而放出二氧化碳。索秀尔的发现已经勾画出了植物光合作用和碳循环的基本原理。此外，索秀尔还进一步研究了无机物对植物生长的重要性，指出植物的氮素是用根部吸收的。1804 年，索秀尔将他关于植物研究的成果汇编成《植物化学之研究》一书，他在“序言”中说：“毫无疑问，我为自己规定的任务是十分艰难和令人厌倦的。但是，如果考虑到我的目标是使农业日臻进步，那么，人们将会理解我面临的困难，并会谅解我工作中的不足和缺陷。”这段诚挚而感人的话语，道出了索秀尔内心世界：他的一切研究工作都为了农业的“日臻进步”。


图 3-32 札恰里亚斯・詹森发明的显微镜［W］


图 3-33 第一个看到微生物世界的列文虎克［W］

在近代农学兴起的初期，科学家们除了在植物生理学方面作了大量的研究并卓有建树之外，随着当时显微镜的发明还兴起了生物解剖学和显微植物学方面的开创性研究。同样，从事这些研究都是科学家们个人的行为，并没有获得后世那样的政府或机构的资助。

显微镜是由一个叫札恰里亚斯・詹森的荷兰眼镜制造匠人于 1590 年发明的（图 3-32）。这个显微镜由一片凹镜和一片凸镜组成。当时的人包括詹森自己都没有意识到显微镜蕴藏的应用价值，因此没有引起重视。

70 多年后的 1665 年，出生于荷兰德夫特工匠家庭的列文虎克（图 3-33），将一块他自己磨制的直径只有 0.3 厘米的小透镜镶在一个架子上，又在透镜下边装了一块铜板，上面钻了一个小孔，使光线从小孔射进而反射出所观察物体的显微形状。这样，列文虎克的第一台显微镜就制作出来了。有一天，列文虎克从院子里舀了一杯水，将其中的一滴放到显微镜小孔下的玻璃托片上观察，他惊奇地看

到水滴中有无数的小生物在蠕动。以后，列文虎克又用显微镜发现了红细胞和酵母菌。这样，列文虎克就成为世界上第一个看到微生物世界的人。这个没有受过科学训练的普通工匠，因为发明了显微镜而被吸收为英国皇家学会的会员，成为名垂千古的伟大科学家。

列文虎克之后，马尔比基用显微技术研究动物的血液循环，研究植物显微解剖等。英格兰人胡克则用显微技术研究昆虫、霉菌、真菌等生物的结构，尤其是他用显微镜观察软木时发现其中有许多小房间一样的结构，他把这些植物体中的小室称为“Cell”，这就是构成生物体的“细胞”一词的由来（图 3-34）。格鲁利用显微技术对植物的结构进行了大量的研究，取得了许多重要成果，写成了《植物解剖》一书，对植物的根、茎、叶、花、果、实等组织进行解剖学的显微观察。此外，格鲁还对动物的组织作了解剖观察，第一个用不同动物作了比较解剖研究，写出了《胃肠的解剖》一书。冯·贝尔利用显微技术从事胚胎学、解剖学、生理学研究，他深入研究了哺乳动物的卵，提出了胚胎发育过程的胚层理论。

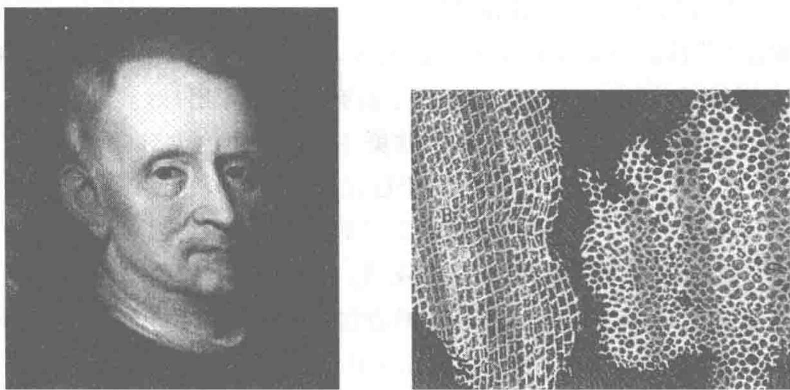


图 3-34　胡克和他看到的植物细胞［W］

以上都是近代科学发展初期，欧洲社会的大批知识精英冲破宗教神学和经院哲学的束缚，自觉地、自发地为科学实验而穷思竭虑，乃至为创立新的理论学说而英勇献身。这种科学精神逐渐渗透到农学之中，经过大约二三百年的科学探索与学术积累，到 18 世纪西方世界就确立了一套新的农学体系，从而改变了农业生产的传统方式，进而也改变了整个世界。

近代农学的体制化

农学体制化就是将农学的研究、教育、推广等相关工作纳入政府的主体职能

之中，政府成为推动农学发展进步的主导力量。它主要有三方面的标志：一是国家建立专门的政府机构来管理农业科技和农业教育的事业，使农业科学研究成为国家行政体系的组成部分，而不再是科学家个人的事情，政府实施对农业科研、教育、推广的规划、管理和指导；二是建立专门的农业科研、教育机构，这些机构接受国家的行政管理，根据国家的农业生产需要来确定研究选题；三是有专职的农业科学家和农业教育家，他们领取政府或公私机构发给的工资薪酬，并为国家或机构组织的农业发展服务。以这三点来衡量，世界上最早实现农学体制化的是西欧的先进国家。

1. 政府序列中的农政机构

在农学体制化过程中，政府设立农政机构是重要的一环。在西方，英国首先完成从封建社会向资本主义社会的革命性过渡。经过反复的斗争，1688 年英国资产阶级获得了君主立宪制变革的成功，史称没有流血的“光荣革命”。在这个由国会主导的国家行政体系中，专门设立了“综理农事”的国家农政机关，掌管国家农业发展的部门成为了政府内阁的组成部分。

英国的资产阶级政府设置农业主管机关，不仅对英国本土的农业发展，特别是对协调“圈地运动”中各方的利益起到了富有成效的作用，而且对世界其他国家起到了示范作用，产生了深远的影响。欧美各国的资本主义体系建立后，各国的政府中都设置了掌管农业的机关，这对于近代农学的体制化发挥了积极的作用。

例如，在美国，从 19 世纪 60 年代开始，联邦政府开始加强对农业的监控和管理。1862 年，美国农业委员会下设立农业局。1889 年初，国会又将农业局升格为农业部，并设立了内阁部长级职位。美国的农业部不仅是一个管理和协调结构，而且是一个科研机构。此后，各州也建立了自己的农业管理部门。

几乎与美国同时，日本政府也在其行政序列中设立了农政机关。明治维新后，日本在内务省内设了劝业寮，1879 年变为内务省劝农局，1881 年改称农商务省农务局。

甚至在后进的中国，1898 年，光绪皇帝也接连发布了关于推行农业变革的上谕，命令在中央政府内设立农工商总局，并要求各省“皆设立农务学堂，广开农会，刊农报，购农器，由绅富之有田者试办，以为之率”。

进入近代化进程的国家，通常都在中央政府设置专门掌管农业事务的部门，所谓“农有专官”。这个部门的设立，对于农业的有序发展、科学发展和持续发展，都起到了促进和推动的作用。它可以有效配置国家甚至国际的农业资源、人才智力资源、市场贸易资源等，为国家的农业发展服务。这其中，运用国家的财力和人

才资源兴办农业教育和农业科研，成为近代政府的重要职能之一。

2. 兴办农业教育

兴办农业教育是世界农业近代化的一个重要创新，也是近代农业发展的强大推动力。世界上出现以近代科学理念创办的农业教育，始于 19 世纪。最早是从德国普鲁士开始的，被称为大学教育史上的“洪堡模式”。从农业教育的兴办过程看，世界各国的农业教育可以分为原创型农业教育、接力型农业教育和移植型农业教育。

德国是世界原创型农业教育的肇启者。1810 年，时任普鲁士教育大臣的威廉·洪堡创办了世界上第一所近代式大学——柏林大学。之所以称为近代式，是因为柏林大学以教学与科研统一、学术自由、大学自治为办学原则，而此前的中世纪大学是以经院哲学和宗教神学为主导的。几乎与创办柏林大学同时，普鲁士还创办了世界第一所农业学校，开始用新的办学理念培养农业专门人才。该校先后培养了一大批杰出的农业科学家，如农艺化学创始人李比希（《化学在农业及生理学上的应用》作者，图 3-35）、植物学家休维尔茨（《植物园与文化》作者）、农业教育家布戈（《农业教科书》）、农业经济学家杜能（一译屠能，《孤立国同农业和国民经济的关系》作者）等。

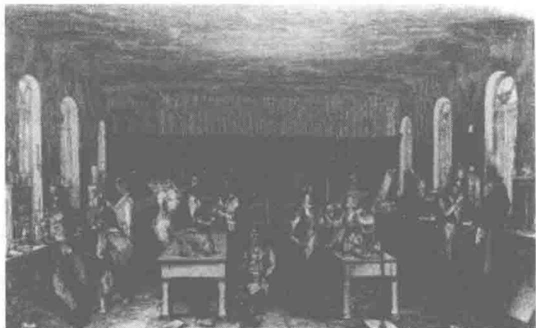


图 3-35　李比希实验室［W］

至 1918 年，德国已有农林兽医类大学 9 所。此外，德国的许多职业技术学校也设有农业、森林、畜牧兽医等专业，这些职业技术学校的办学方式不拘一格、灵活多样，培养的农学各专业的学生掌握生产适用技术，实践操作能力突出，大多成为德国农村的基层技术员和企业家。

德国大力兴办农业学校，不仅为德国农业发展做出了重要贡献，而且也为日后的世界农业教育树立了样板。从历史演变的轨迹看，日本的近代农业教育基本是以德国为样板创办的，而后来的中国农业教育又是以日本为榜样创建起来的。所以，追根溯源，中国近代农业教育的模式多少带有德国的学术渊源。

18 世纪以前，世界各国都还没有设立专门的农业院校。12 世纪成立的牛津、剑桥等古典学府，曾开设过一些农业、农村、农民和农业经济方面的专题讲座或课程，此外还做了一些与农业生物、农业机械相关的试验和资源调查。虽然这些开创性的工作为后来的农业教育培养了人才，积累了经验，但是它们还不是近代意


图 3-36 1845 年创办的英国皇家农学院[F]

义上的正规农业教育。1845 年成立的皇家农学院(图 3-36)是英国最早的高等农业大学,开了英国农业教育的先河。紧接其后的 1848 年,法国国民议会批准在图鲁兹建立了法国历史上第一所农业技术学校。这些都是人类农业史上具有里程碑意义的农业教育创举。

19 世纪 70 年代,伦敦自治机关和伦敦各行业的同业工会共同制定了《全国技术教育方案》,督促各地兴办技术学校、技术班和技术夜校。这些技术学校设置了工、商、农、家事、普通课等五科。其中的农科包括许多实用型的专业,如种植、畜牧、兽医、园艺、机械等,培养英国农业生产的基层指导者和实际劳动者。

美国是典型的接力型农业教育的代表。美国是一个从殖民地独立出来的新兴国家,它的办学人才、办学理念甚至办学的方式,都是源自欧洲的宗主国。所以,我们称之为接力式办学,即把宗主国的办学资源接受过来,然后在原来的基础上创新和拓展,最终成为美国独特的大学模式。

1792 年,哥伦比亚大学创办了美国第一个农业讲座,1822 年在缅因州建立了第一所农业学校,1857 年在密执安州建立了美国第一所高等农科学校。但是美国的公立农业大学教育始于 1862 年的《莫里尔法案》。该法案规定,以 1860 年人口普查数确定各州的国会参、众议员的席位,每个席位无偿拨给联邦公有土地 3 万英亩,这些土地的出售或租赁收益即成为各州的教育基金,用于发展农业和机械工业教育。这个法案执行之后,大约有 1 300 万英亩土地被授予各州,对于创立州立大学和农学院起到了极为重要的作用。《莫里尔法案》的赠地办学模式,不仅对教育起到了很大的促进作用,而且是美国有史以来最重要的农业立法。

《莫里尔法案》规定兴办农业教育的拨地数量以各州议员席位决定,而各州的议员席位相差十分悬殊。西部各州人口稀少,法定议员席位也就少,获得的办学土地跟着也少。例如,堪萨斯州只有 3 名议员,仅得到 9 万英亩土地,而纽约州有 33 名议员,得到 99 万英亩土地。这是美国各州办学条件相差悬殊的历史根源。但是总的看,其历史进步作用不容质疑,这时期建立的一批农学院和工学院,如著名的伊利诺斯大学、麻省理工学院、康奈尔大学,为美国的农业发展培养了大批专门人才。

1890 年,《第二莫里尔法案》生效,联邦政府在第一年向每个州拨款 15 000 美元,以后每年递增 1 000 美元,直至达到 25 000 美元。这些资金用于改善美国高等院校农业和工业教育的办学条件。到 1898 年,当时全美国 45 个州、3 个领地利用获得的资金先后创办了 64 所学院和大学。

日本是近代移植型农业教育的成功范例。日本全面学习欧美、移植德国农业教育的情形在前面的本篇第一部分的"日本近代农业"中已有详细介绍,此处不赘述。

在日本之后,中国的近代农业教育姗姗来迟。1897 年,杭州知府林迪臣创设浙江蚕学馆,为中国近代农业教育之滥觞。浙江蚕学馆之后,湖北、江苏等省相继设立农务、茶务、蚕桑等学堂。1902 年,清朝颁布《钦定学堂章程》(图 3-37),将农业学堂作为实业学堂之一种列入正轨学制系统。1905 年清朝正式废除科举制度,各省相继设立初等、中等、高等农业学堂,不少师范学校和普通高等学校也开设了农科或农业课程,如南通师范学校农科(1906)、京师大学堂农科(1910)、清华学校的农业课程(1911)等。水产、茶叶、兽医等各类专业学校也陆续开办。截止到 1909 年,全国共有高等农业学堂 5 所,中等农业学堂 31 所,初等农业学堂 59 所,在校学生分别为 530 人、3 226 人和 2 272 人。其中高等学堂也培养农业师资。此外,清末留学生中学农者有二三百人。



图 3-37　钦定学堂章程 [W]

民国时期,农业教育又有发展。除西北大学、金陵大学、岭南大学和东南大学相继设立农科或开设农业课程外,还有各种农业专科学校、农业职业学校、高级中学农科以及短期农业职业训练班、讲习所等。

在中国共产党领导的革命斗争过程中,也开展了农业科学技术知识的普及工作。第二次国内革命战争时期,苏维埃政府曾在瑞金建立农业学校;抗日战争时期,延安的自然科学院(后合并于延安大学)设有农学系,陕甘宁边区有农业学校,苏中盐阜区有农纺专科学校,晋冀鲁豫边区有农业中学等。解放战争时期,长春东北大学所属自然科学院设有农业专业,晋冀鲁豫边区北方大学(后与华北联合大学合并为华北大学)设有农学院,解放战争后期成立了沈阳农学院、哈尔滨农学院和一些农业专科学校等。

总之,近代农业教育,始于欧洲。这个先进的农学体系从欧洲传到北美洲,然

后依次传入东亚的日本和中国，再到南亚的印度和南美洲各国，最终传到世界各国。近代各国农业教育具有共同的特点：一是制订教育法令，把农业教育置于法制保障之中；二是重视建立多类型多层级的农业教育体系，采取适合自身的方式和途径，大力发展农学各专业的职业教育，为农业发展提供大量掌握农学技能的劳动者和基层技术人才。三是采取农业教育、科研和推广相结合的农学模式，把近代农业教育推上了一个新的台阶。

3. 建立农业研究机构

农学是一个内容庞杂而且不同内容之间相互紧密联系的学科系统，所以系统的农学研究不可能由科学家个体或者业余的科学爱好者来完成。农学的使命，关系到一个国家甚至全人类的粮食安全、食品安全和环境安全，需要由代表国家利益的政府部门来组织实施，农学的研究方向必须满足国家发展的目标，实现国家的意志。因此，经历了近代农学研究的个体化自由选题的初始阶段之后，世界各国不约而同地着手建立农业教育和农业研究机构。在许多场合，农业教育和科研是一体的，并不能截然分开，尤其是近代早期，承担农学研究的主体是各国的大学，特别是农科大学。但是，农学有着特定的地域性、专业性和系统性，有时必须设立专门的机构来完成特定的任务。另外，农学与工学、医学、商学等学科不同，农学具有很强的公益性，它的研究成果更多地表现为普惠性和共享性，一般较难由研究项目的投资方或者承担者所独享，较难从农学研究成果中获得排他性的回报。因此，国立、公立的农业研究机构就应运而生了。

在 19 世纪初，农学先进国家兴办的农业高等教育机构特别是大学里的农科专业培养了大批的受过正规教育的农业专门人才，为农业研究机构的设立提供了坚实的基础。

1838 年，英国的化学家布森高建立了第一个农业实验室，同年，劳斯建立了第一个农业试验站，1845 年研究型的皇室农学院成立。这些机构的出现，开启了农业科学实验体制化的时代。布森高在他的实验室里从事了大半生的农业实验，取得了许多影响深远甚至颠覆农业传统知识的革命性成果。例如，他通过严密的实验设计，证明了氮素对植物生长发育的极端重要性。他同时还发现，饲料用的三叶草和豌豆在没有施用氮肥的地里也能正常生长，而在同样的条件下，小麦、燕麦等粮食作物就没有这种特性。虽然他当时还没有发现豆科植物的根瘤菌的固氮作用，但是他已经发现将豆科作物加入大田的轮作组合能够提高土壤肥力，降低施肥成本。布森高进一步研究了作物从土壤中吸收各种物质的数量，确定了氮、磷、钾是植物生长发育必不可少的基本元素，从而确定了“肥料三要素”，为人工制造化学肥料提供了科学依据。

劳斯农业试验站的主要贡献在家畜饲料方面，他们研究了不同饲料组合配比对牛奶成分的影响，提出了奶牛饲料的科学配方。此外，劳斯试验站还开创了大田试验，对农业生产进行大规模的生产试验。

美国的公立农学研究机构的设立与1887年颁布的《哈奇法案》密切相关。该法案规定，每个州都要建立农业实验站。联邦政府每年拨给各州1.5万美元，用于农业试验和科学研究，于是美国的农业实验站雨后春笋般快速建立起来。到1893年，全国建立了56个实验站；进入20世纪时，农业实验站增加到了66个。1907年又将这项经费增加了一倍，用于支持农业科学研究与农业技术推广。

日本政府于1873年在东京设立了新宿试验场，该试验场开展了大量的果树、蔬菜种植以及养蚕、畜牧试验。1874年，试验场划归内务省管辖，成为日本的国立农学研究所。1877年该研究所迁到驹场，新宿试验场原址于1878年成为宫内省植物御苑（现在的新宿御苑），而迁至驹场的研究所不久就改组成驹场农学校，就是今天东京大学农学部的前身。此外，1877年日本新开设了三田育种场，该场于1884年委托给具有国立背景的大日本农会经营，1890年前后又转为民办公助，逐渐变成从事种子经营的商业机构。与此同时，1890年，日本设立了农务局临时试验场，1893年扩大为农商务省农事试验场。从此，农业科学研究在日本完成体制化的建制，为此后日本发展成为农学强国奠定了坚实的基础。

与近代先进国家相比，中国的农业科研机构设置要晚很多。1898年，我国第一家农事试验机构——上海育蚕试验场成立。此后，各地的农业试验机构相继出现，如保定直隶农事试验场（1902）、山东省立农事试验场（1903）、奉天农事试验场（1906）、农工商部北京农事试验场（1906）等。到清末，各地兴办的各级农业试验机构已达40余个。

在农学的体制化过程中，各国政府的推动成为决定性因素。我们在前面已经提到，农学是一门公益性、共享性学科，只有在国家财力资助支持下才能持续发展，才能不断推动农业综合生产能力的增强，不断推动世界范围内的农业科技革命。

近代农学的体系化

所谓农学的体系化，就是农学界内部的组织化、自律化和规范化。它也有三个方面的标志：一是农学内部的学科体系的建立，形成互相联系又各自独立的门类广泛的农学学科体系；二是成立了不同层级、不同专业的农学学术社团组织，它们是农业科学家和专业技术人员的自律性学术活动组织；三是创办了不同专业的农学刊物，它们既是发表农学成果的平台，也是农学成果的学术水平的衡量评定

平台，自从有了农学报刊，农学研究才有了学术的积累，农学研究的选题才有了充分的依据。

1. 近代农学学科体系的建立

在农业化学和生物学发展的基础上，近代农学逐渐分化出一些彼此相互关联但又具有不同内涵和不同发展方向的独立学科，由此构成了近代农学的学科体系。

(1)微生物学和病理学的建立：我们在前面已经提到，1665 年，荷兰的列文虎克发明了一台完整的显微镜，观察到了微生物世界。列文虎克的发明，后来发展出两大农学学科：①农业仪器装备学，专门为农学实验室提供检测装备的学科；②微生物学，专门研究细菌、病毒以及微观病理的学科。虽然列文虎克以后 200 年间，显微镜并没有发挥出它应有的作用，但是到了 19 世纪后半期，一个叫巴斯德(图 3-38)的法国科学家把显微镜应用到科学研究上，开创了农业微生物学科。巴斯德通过显微镜观察发现，葡萄酒、啤酒的发酵过程实际上是微生物在起作用，食品变质腐败也是微生物在作怪。巴斯德进一步研究发现，这些使食物变质的细菌在 50℃左右的温度下过一些时间就会死亡，于是发明了一种既能保持食品中的活性成分，又能杀灭使食品变质的细菌的食品加工方法，这就是今天一直在使用的“巴氏消毒法”。从此，微生物学成为独立学科，被广泛应用在医学、农业和食品加工领域。中国近代第一个出国留学生江生金，就是被派到法国去学习用“巴氏消毒法”防治蚕病的技术。



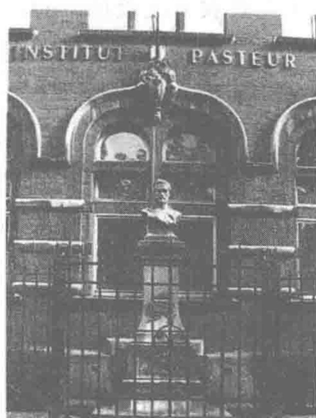


图 3-38 巴斯德和以他的名字命名的研究所 [F]

(2)昆虫学和农药学的建立：早期的生物学家林奈、达尔文等，首先开创了昆虫的形状学和分类学。后来由于农业商品化的发展，扩大了农产品的流通，客观上造成了农业害虫的传播。另外，农业商品化也使生产种植更加集中连片化和集

约化，一旦发生虫害就会造成严重损失。所以，18 世纪以后，人们日益关注作物害虫的防治问题，由此产生了两个关联的学科——昆虫学和农药学。前者主要研究昆虫的形态特征和生活习性，特别是研究昆虫的生命周期和移动迁飞的规律；后者是针对昆虫的特点研制相应的药物及其防治对策。第一代农药主要是无机农药，如 1880 年发明石硫合剂防治介壳虫，1882 年用萘防治葡萄根瘤蚜，1886 年发明用氢氰酸熏蒸柑橘树等。农药学的另一个方向是除草剂。杂草是与作物同生共长的植物，历史上的防除办法就是人工拔除，非常费力耗时。后来人们就希望有一种药物，能够像杀灭害虫一样杀灭杂草而不伤害作物。19 世纪末，在用波尔多液防治葡萄病害时，意外发现地里的十字花科植物也被杀死了，而地里的小麦却安然无恙，这就启迪了除草剂的发明。

(3)土壤学和肥料学的建立：1878 年，英国的劳斯农业实验站的科学家沃林顿发现，土壤中的微生物使肥料中的氨变为硝酸盐，而后才能被植物吸收。沃林顿分离培养出了这种硝化细菌。1888 年，荷兰微生物学家贝叶林克分离出了豆科植物的根瘤菌，第一次证实了豆科植物通过根瘤菌固定了空气中的游离氮素，从而达到增加土壤肥力的效果。土壤学的形成得益于一批俄国、美国和德国的科学家。1883 年俄国的道库恰耶夫发表了关于黑钙土的形成的研究报告，1892 年美国的希尔卡德阐明了土壤形成的主要过程及相关的学术概念；他的同事马伯特创立了土壤分类学，提出了土类、土系、土组的分类层级概念。

1828 年，德国化学家维勒在世界上首次用人工方法合成了尿素，但当时尚未认识到尿素的肥料用途，直到 50 多年后合成尿素才作为化肥投放市场。1838 年，英国的劳斯用硫酸处理磷矿石制成磷肥，成为世界上第一种化学肥料。德国的李比希在 1850 年发明了钾肥。从此，植物吸收量最多的氮、磷、钾三要素均可进行工厂化生产，近代农业进入施用化肥的阶段。

(4)植物生理学和植物营养学的建立：1694 年，德国植物学家卡梅拉鲁斯进行了植物移去花蕊(雄花)的实验，由此证实花药是植物的雄性器官，而花柱和子房是雌性器官。1761—1766 年间，另一位德国植物学家克尔罗伊特用实验证明，当用同种花粉与异种花粉同时向一种植物传粉时，只有同种花粉能起受精作用；他还发现了昆虫对植物的授粉作用。1793 年德国的植物学家施普伦格尔通过观察发现，许多植物的花是雌雄异株的，即使雌雄同株也很可能有雌雄花期交错的现象，因而植物界天然存在种群间或植株间的杂交。1800 年，瑞士的塞内比埃出版了世界上第一部《植物生理学》，标志着植物生理学的确立。

在植物生理学的领域中，做出最具开创性贡献的是德国化学家李比希，他是农业化学的创始人，他从植物化学的角度揭示了植物生理学方面的许多机理和规

律。1840 年，李比希发表了划时代的《有机化学在农业和生理学上的应用》，以后的 30 年里他一直从事生物化学和农业化学研究，取得了丰硕成果。李比希之后的植物生理学家进一步拓展了植物生理研究的领域。19 世纪 60 年代初，俄国科学家季里亚捷夫设计了精密的仪器，用以研究植物叶片吸收的光谱，证明了植物叶绿素与光谱的联系。1865 年，德国的萨克斯进一步证明植物叶片中的淀粉体是光合作用的产物，弄清了植物呼吸所需的能量来自于植物光合作用产生的物质所贮存的能量，从而证明，1842 年物理学发现的能量守恒定律在植物中同样适用。萨克斯和他的学生费弗尔的两部《植物生理学》，奠定了植物生理学的学科架构和学术内涵。

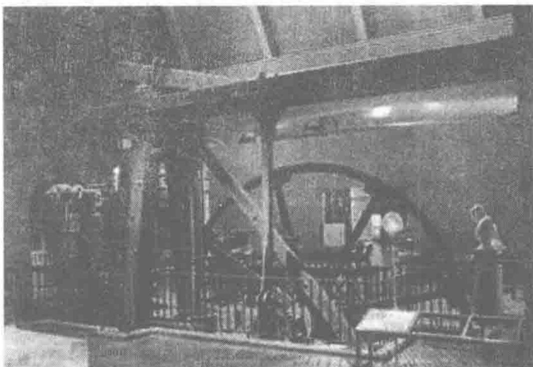
(5)遗传学和育种学的建立：人类对动物的有性繁殖是自古就知的，但是，植物的有性繁殖直到 1676 年才由英国的尼西米·格鲁发现，并由德国的卡梅拉鲁斯通过实验加以证实。此后，1761 年科罗尔伊德用烟草做实验，获得了人为控制下的第一个杂交种。格特纳是他那个时代的植物杂交育种的集大成者，于 1849 年发表了《植物杂交的实验和观察》。

1865 年孟德尔提出遗传的基本法则。他用豌豆作为实验材料，经过 8 年的仔细观察、记数、统计、分析，于 1865 年发表了论文《植物杂交试验》。孟德尔发现了遗传学的两大规律——遗传分离规律和独立分配规律，为近代颗粒遗传理论奠定了科学的基础，后人将孟德尔尊称为"遗传学之父"。1905 年英国人贝特生为这门发展中的学科定名为"遗传学"——Genetics，这个名词来源于希腊单词，其原意是"传代"。

(6)动物生理学和动物营养学的建立：25 岁就成为法国科学院院士的化学家拉瓦锡于 1779 年提出，动物的呼吸作用可能也是一种氧化过程。他和合作者使用几内亚鼠进行实验，证明动物体内产生的热量与消耗的氧气有关。他们之后，鲁布纳测定出蛋白质、脂肪、碳水化合物在动物体内的化学反应中产生的热量。此后，吉尔伯特等人分析了动物和饲料的成分，许多复杂的有机化合物被分离出来，如乳糖、淀粉、叶绿素、甘油、乳酸、草酸、尿素等。维勒合成了尿素，科尔比合成了醋酸，贝尔纳证明了动物肝脏可以把食物分解为葡萄糖。这些都是 19 世纪的重大科学发现。1859 年，法国的沃尔夫提出动物饲料的可消化成分的概念，即一定体重的畜禽个体每日应饲喂的饲料干物质中的蛋白质、脂肪、糖分的总量，称为沃尔夫饲喂标准；后来，1894 年德国的莱曼进行了修订，提出了新的更合理的饲喂标准，合称为沃尔夫一莱曼标准。

(7)农业机械学的建立：1705 年，英国的纽可门及其助手卡利发明了大气式蒸汽机，用以驱动煤井下的提水泵，这种蒸汽机在欧洲大陆得到迅速推广。1764

年，英国的仪器修理工瓦特在为格拉斯哥大学修理纽可门蒸汽机时，发现它存在许多设计方面的缺陷，例如热效能低、稳定性差等，于是瓦特在纽可门的原型上作了许多新的改进。重大的改进包括汽缸蒸汽进、出阀门采用平行四边形的连动机构，将曲柄连杆机构用在蒸汽机上，等等。瓦特的改进型蒸汽机（图 3-39）受到极大的欢迎，迅速得到推广。他使原来只能用于提水的动力机械，成为了可以在不同场合应用的动力机，并使蒸汽机的热效率成倍提高，煤耗大大下降。因此，瓦特被后世称为蒸汽机的主要发明人。


图 3-39　美国福特博物馆收藏的 1780 年瓦特制作的蒸汽机［F］

蒸汽机从两个方面改变了传统农机具的面貌：一个方面是传统的生产铁农具的人工作坊变成了以蒸汽机为动力的工厂。最典型的例子是，1847 年美国发明钢犁的约翰·迪尔将原先自己手工制造钢犁的作坊改造成了以蒸汽机为动力的钢犁厂，每年可生产上万把钢犁，这是手工时代不可想象的；还有 1848 年美国芝加哥的麦考密克转臂收割机制造厂同样采用蒸汽机作动力，每年可生产收割机数千台。另一个方面是发明了蒸汽机拖拉机。开始时，由于这种蒸汽机过于笨重庞大，热效能低，不太适合移动场合使用。后来有人作出改进，将锅炉和蒸汽机结合做成一体机，称为“锅驼机”，这种动力机体积小，1870 年开始大量装配到拖拉机上，对美国西部的大规模开发促进甚大。接着，意大利人也研制出了小型的蒸汽机拖拉机；法国人则别开蹊径，将蒸汽机装配到火炮牵引车上，开了机动武器装备的先河。

有了动力机，其他的专用农机具就应运而生了。如不同形制的联合收割机，不同用途的犁耕机、旋耕机、牧草打捆机、饲料粉碎切割机、各色各样的食品加工机，等等，都相继发明制造出来了。人类在很短的时间内改写了农业生产的历史。

农学学科的内部分工体系的形成和完善，既促进了学科的发展，也形成了农业生产中的专用人才体系。

2. 近代成立的农学社团组织

近代农学体系化的另一个标志是农学社团的建立。农学社团的出现是与职业农学家队伍的发展壮大紧密相关的。近代农学诞生初期，从事农学研究的科学家人数还不多，因此，这时的农学家们常常是在闲暇之时，三五为群，聚会交谈，或

谈试验选题，或谈观察所得，既共同分享成果，也一道解疑析惑。

世界上最早的科学家社团"英国皇家学会"就是这样诞生的。大约1630年前后，在伦敦的格雷沙姆学院出现了由10余名科学家自发组成的聚会小团体，他们自称无形学院。他们通常在学院里聚会，有时也会在某个成员的家里，或者在学院附近的某个小酒吧里，每次聚会都讨论交流各自的科学发现和见解，高兴而来，兴尽而归。1638年，由于参与的人数增多，以及旅行距离上的不便，这个志同道合的科学兴趣小组分成了两个社群：伦敦学会与牛津学会。牛津学会人数较多，较为活跃，而且明订了许多规则，有了正规学术团体的雏形。伦敦学会依旧在格雷沙姆学院，克伦威尔军事独裁时期，1658年伦敦学会被迫解散。1660年查理二世复辟以后，伦敦重新成为英国科学活动的中心，参加科学社团活动的人数大增，就在这一年成立了"英国皇家学会"，这是人类历史上第一个由政府批准的科学家组织。

皇家学会与英国政府有着密切的关系，政府为学会提供财政资助，但是英国皇家学会是一个独立的、自治的社团，学会没有设立直属的科研实体。学会致力于科学成果的认定、奖励，促进国际科学交流，组织并推动科学教育和科学普及工作，以及与科学史有关的工作等。直至今天，英国皇家学会是世界上历史最长而又从未中断过的科学学会，它在英国起着国家科学院的作用。英国皇家学会下辖12个学科委员会，其中的生物学科的许多项目都与农学有关。

此外，英国在皇家学会之后，还先后成立了不少的农业学会。1723年，英国农业知识改进会成立，它是近代最早的农业协会组织。1804年，英国皇家园艺学会成立。1838年，英国皇家农学会成立；1840年，英国皇家农学会报发行。

在法国，几乎与英国的情况一样，起先一些爱好科学的人士自由组织兴趣小组，然后逐渐发展成为国家批准的学会。17世纪初，巴黎科学界出现一些个人自由组织起来的学术性圈子或学会，例如由修道士梅森组织的一个小组相约在梅森的修道室定期聚会，并邀请当时的著名人物如笛卡尔、伽桑狄、费马、帕斯卡等出席，一时在社会上声名播扬。梅森去世后，聚会则在时任国务会议参事的蒙特摩家里举行。1663年，蒙特摩向路易十四的财政大臣科尔培建议，请求资助科学。1666年，巴黎科学院成立，成员21名，包括几何学家、天文学家、物理学家、化学家、解剖学家、植物学家和鸟类学家，由国王支付薪俸。巴黎科学院还吸收了外国著名的科学家作为首批院士，例如意大利科学家卡西尼和荷兰科学家惠更斯。法国大革命时期，巴黎科学院被视为王权的象征，1793年被迫解散。1794年3月，科学院院士孔多塞在狱中自杀，5月拉瓦锡被送上断头台。1795年，国民公会将包括巴黎科学院在内的所有曾被取消的文化学术团体组织在一起，成立了"国家

科学与艺术学院”。虽然历经曲折坎坷，法国科学院在历史的风霜中一路走来，不断汇聚法国科学家以及相关领域的外国科学家，最终发展成为世界上著名科学院之一。

1885年，德国创建了农业协会，总部位于德国法兰克福。该协会是致力于促进农业和食品领域的科技进步的非政府组织，是欧洲领先的食品和农业发展组织之一。

日本也在19世纪末期成立了农学团体。如1884年成立的日本兽医学会和1887年成立的日本农学会，都是亚洲成立最早的农学社团。

我国于19世纪末也出现了“农学会”的社团组织，如1895年孙中山在广州发起成立的农学会以及1896年梁启超等人在上海建立的农务会等。但是这些名为农学会的组织，与严格意义上的科学社团还不能等同并提，因为这时候中国还没有农业科研和教育机构，还没有职业化的农业教育家和农业科学家，这些以农学会命名的团体只是由热心农业、关心农事的社会人士所组成。中国出现的真正的农学会组织是1917年成立的中华农学会，它已经属于现代史的范畴了。

17世纪在欧洲各国相继出现的农学社团，在铸造科学精神、确立农学体系、评定农学成果、推广农学技术、普及农学知识、引导农学方向以及维护科学家利益等许多方面，都发挥了积极的作用。

3.近代发行的重要农学刊物

近代农学体系化的第三个标志就是农学刊物的出版。农学刊物是与农学团体并生共存的，有了农学机构和团体，有了农业科学家，有了农业科研成果和相关的论文，农业刊物才有存在的价值和空间。

据有关的统计，目前在世界上公开发行的近5 000种主要的农学类刊物中，大约有50种是创办于20世纪之前的。也就是说，有大约1%的农学刊物诞生于近代史时期。其中最早的是1665年创刊的英国皇家学会《自然科学会报:生物科学》，迄今已有350年。该刊涉及生物学各个领域，特别是有机生物学、环境和进化生物学、分子生物学、细胞和发育生物学、生物医学等，与农学的关系极为紧密，对于近现代农业科技的发展起到了巨大的作用。

17世纪后期创刊的还有法国的《巴黎科学院院报》，历史上许多著名的科学家都在这份刊物上发表过里程碑式的论文。接下来，著名化学家李比希于1831年创办《药物杂志》并亲任编辑，1840年后改名为《化学和药物杂志》，李比希和维勒共同担任编辑。1840年，英国皇家农学会报发行。此后，西欧各国和东亚的日本都先后创办了农学各学科的专业刊物，为农学的学科建设作出了时代性的贡献。

总之，农业刊物的出现，立即发挥了它的独特的不可替代的作用。首先，它使农学知识和技术突破了地域空间的限制，能够跨越国家、团体、行业和语言文种的限制，实现最广泛的世界性的传播；第二，它使农学的知识成果成为人类知识积累的源泉之一，实现了农学知识的代际传承；第三，农学刊物成为科学创新的见证，体现了尊重知识、尊重首创精神的科学道德，为科学成果的首创权、著作权、专利权的认定提供了实证物；第四，它为农学研究选题提供了已有成果的参照体系，自从有了农学刊物，农学家们进行科研时，首先要"查新"——前人在此领域做了什么，达到了什么程度，存在什么问题，从而避免了研究的重复和弯路。因此可以说，农学刊物的出现，是近代农学实现自身体系化建设的最重要的标志。

农学刊物是农学史的记录，是人类进步的足迹，它忠实地记载了历代农学家的业绩和成果，成为引导后人前进的灯塔和路标。



下 篇

现代农业



一、现代农业科技与绿色革命

世界现代史是指从20世纪初到今天的历史，我们都在其中。

20世纪是5 000年文明中最血腥的世纪，因为这100年里发生了亘古未有的两次世界大战。回头看看，世界上几十个国家的政治家和军事家，疯子般地动用了20世纪发明的武器——飞机、坦克、航空母舰、潜水艇、鱼雷，直到原子弹，对着交战双方的士兵和平民，发起空前野蛮的杀戮。交战的双方，死的大多都是不该死的人。仅第一次世界大战，就有34个国家参战，祸及15亿多人，约占到当时全球人口的75%，双方伤亡人数超过3 000万。翻开世界现代史开端第一页，所有的读者——今天的、未来的，都能闻到其中的血腥味。

20世纪又是科学昌明的世纪。人类在这100年里的科技发明创造，超过了过去5000年的总和。原子能技术、电子计算机技术、空间技术、深潜技术、生物工程技术、新能源新材料技术等，每时每刻都在影响着我们每个人，改变着我们的生活方式，甚至改变了我们的生存状态。我们都被新技术的洪流裹挟着往前走，不知去向何方，到达何处。

20世纪也是求真向善的世纪。社会主义道路的探索和实践、社会主义国家的改革与演变、亚非拉国家的民族独立和经济振兴、战后资本主义世界的自我调节和改良等，都在战争与冷战的缝隙中生长。人类毕竟没有失智失聪。二战结束前投下的两颗原子弹，是从天而降、地塌天翻的人祸，带走了几十万冤魂，也炸醒了人类的良知。从此有了“联合国”，在地球村里有了一个说理的地方。

我们的现代农业就是在这样的环境中，年复一年地播种收获。当政治家们签发“宣战令”时，当军事家们下达“作战令”时，农学家和农民们正在想方设法增加粮食产量。1901年世界人口只有16.5亿，2011年10月30日世界迎来了“第70亿宝宝”(图4-1)。不论富有或贫穷，不论战争与和平，每个人都不可以不吃



图4-1　全球出生的第70亿宝宝［W］

饭。因此，生产“饭”的农业就一刻也不能停下。这就是农业的使命。

20世纪的农业科技进步

世界范围的农业现代化进程从20世纪初开始启动，快速发展则在二战结束以后，主要的推动力量来自西方发达国家。在这个世纪里，世界农业现代化获得了长足发展，农业成为了高新技术的聚集场，成为了社会资本的汇流池，同时也是世界经济增长和人类生活水平提升的贡献者。

在现代社会，大凡出现新技术、新材料、新装备，总是最先被应用到两个重要领域：一是军事，二是农业。因此，几乎所有与现代文明相关的科技成果，都会在农业领域里找到它们的踪迹。国际科学技术界评选出了“20世纪影响人类社会最大的20项工程技术”：电力、汽车、飞机、自来水、电子技术、无线电、农业机械、计算机、电话、空调制冷技术、高速公路、航天技术、互联网、成像技术、遥感技术、医疗保健技术、石油化工、激光和光纤、核技术、高性能材料。这当中，除了专门用于农业生产的农业机械之外，其他的19项也都或多或少、直接间接地在农业上得到了应用。

此外，20世纪先后诞生的新学科如核物理学、生物化学、细胞生物学、分子生物学、神经生物学等，都成为了农业科学技术赖以建立和发展的基础学科，衍生了农学领域的诸如原子能育种、化学诱变育种、航天育种、细胞工程育种、转基因育种、克隆繁殖等新技术。在农业生产上，还应用了同位素示踪、化肥农药、抗生素兽药、生物农药、^{14}C测定年代、遥感技术、信息技术等。

农业科技是20世纪的耀眼新星，它改写了传统农业几千年的历史，重绘了世界各国的田园大地的面貌，甚至也改变了我们每个人餐桌上的食品构成和花卉观赏的图谱。回首过去100年的世界农业发展，主要得益于三大科技领域，它们是农业机械、农业化学和生物育种。大致地说，机械减轻了农民的劳动强度，提高了农业的劳动效率；农业化学提高了农业的产量，减少了因病、虫、杂草侵害造成的损失，保证了农业稳产高产；生物育种是现代农业科技发展的重要方面，它通过对生物的遗传性状的改造，实现高产、优质、适应性强、抗逆性大的育种目标。

1.农业机械的应用和普及

衡量一个国家的农业现代化水平，依据什么指标来判断呢？主要的标准只有一条，就是农业劳动生产率。而在提高劳动生产率的诸多要素中，农业机械化是主要手段。20世纪以来，农业机械在农业生产中广泛应用，引发了农业生产方式的根本变革，大幅度提高了农业劳动生产率，有力地保障了世界农业发展和食物安全。到今天，“面朝黄土背朝天”的古老耕作方式已经基本退出了历史舞台，世

界上大多数地区和大多数农民已经不需要弯腰曲背地在农田里耕耘，农业生产的各个作业环节都可以借助机器来进行。世界上已发明的农业机械超过一万种，能够满足农业的产前、产中和产后的所有作业需要。

举个例子：稻米机器加工（图 4-2）中，有一道工序是精制米的除沙尘、除杂色、除碎粒等，这道工序是在自动化、智能化的机器上完成的。它能忠实地按照程序命令，万无一失地检出混入米堆中的细微杂物、杂质，确保进入饭碗的每一粒米都纯净一致，味香色悦。这在手工碾磨时代，是绝不可能做到的。

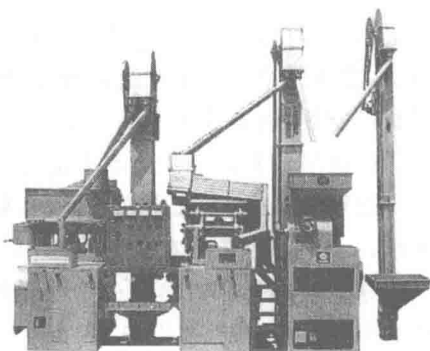


图 4-2　大米加工成套设备［R］

农业机械化大幅度减少了从事农业生产的社会劳动力。在锄耕农业时代，一个农民生产的粮食，能够供养包括他本人在内的3个人；在犁耕时代，一个农民就能供养 10 个人了；到机耕时代，这个数字达到了 100 人。再到全面实现农业机械化以后，同样是这个农民，他能供养 5 000 人甚至更多！

1900 年，美国全国人口约有 7 600 万人，从事初级农业生产的劳动力就有 1 200 万人；到 2000 年，美国农业劳动力不足 200 万人，仅占全国人口的 0.7%，而它是世界上最大的农产品出口国。欧洲主要国家的情况也大致如此，欧盟各国的务农人口比例大约在 2%。这就是农业机械化的力量。

与先进国家相比，我国的农业机械化进程起步晚了许多。1978 年改革开放以后，农业机械化进程才逐步加快。总体上，目前仍处于“发展中”的阶段，距离全面实现农业机械化还有很长的路。

1949 年新中国成立时，我国农业机械化装备总动力只有 8 100 万千瓦，农用拖拉机只有 117 台。这个数字是什么概念？大致相当于今天北大荒集团的一个中型农场的装备水平。大型农业机械如联合收割机、农用载重汽车等，当时基本上是空白。到今天，我们写作这本小书的时候，我国农业机械总动力超过了 6 亿千瓦，农用拖拉机保有量达 1 494 万台，拖拉机配套农机具 2 292 万部，联合收获机械 36 万台。

虽然从统计数字上看，我国的农业机械拥有量在过去的 60 年里增加了上千倍，有的农机种类甚至达数万倍，但是均摊到全国的 18 亿亩（一说 20 亿亩）耕地上，我国的农田作业机械化水平依然不高，与发达国家的现代化农业的机械化水平相比，依然落后。那么，我国目前的农业机械化处于什么样的水平呢？有一份统计

报告说,2010 年,我国的农田机耕率为 46.8%,机播率为 26.7%,机收率为 19%。概而言之,我国约有一半的农田采用了机器耕作,1/4 的农田采用了机器播种,约 1/5 的农田采用了机器收获。这当中,小麦的机械化程度最高,总体超过 60%。

2.农业化学的贡献

化学在改善人类生活方面是最有成效、最实用的学科之一。农业化学的重要产品包括化学肥料、农用薄膜、农用滴灌管材、合成农药等,这些农用物资都在现代农业的发展中作出过巨大贡献。有人测算,如果不施用农药,世界粮食产量将因受病、虫、草害的影响而损失 1/3 左右。

(1)化肥:化肥制造起源于 19 世纪的德国化学家李比希,他研制成功了碳酸钾颗粒状化肥。

紧接着,20 世纪初,德国物理化学家弗里茨·哈伯发明合成氨。今天,合成氨已成为最重要的化工产品之一,全世界每年合成氨产量超过 2 亿吨,以合成氨为原料的尿素产量达到 1.5 亿吨,其他的以合成氨为原料的产品还有硝酸铵、磷酸铵、氯化铵及各种含氮复合肥。被称为 20 世纪最重要的化肥发明,合成氨技术显然当之无愧。

化肥的最大功用在于大幅度增加作物产量,能够用有限的耕地养活更多的人口。它的科学依据是,根据不同作物及其不同生长阶段的生长发育需要,人为地最大限度地提供作物生长所需要的各种化学元素,如氮、磷、钾和必要的微量元素等,使作物达到或接近最佳的生长状态,从而实现产量和品质的提高。

根据联合国粮农组织的统计报告,目前世界范围的农作物的增产份额中,化肥的作用占 40%~60%。由于有了各种化肥,农作物的单位面积产量大幅提高,基本解决了地球上因粮食短缺而发生饥饿乃至饥荒的问题。

我国是一个人多地少的国家,增加粮食产量不可能依靠扩大耕地面积来实现,因为我国已经没有通过垦荒来扩大耕地面积的条件。这个基本国情决定了中国粮食增产必须走提高单位面积产量的道路。施用化肥注定是我国农业增产的必然路径,几乎没有选择的余地。

到 20 世纪末,我国已成为世界上化肥第一生产大国和第一消费大国(图 4-3),但是这两个"第一"并不是代表荣誉的桂冠,其背后潜藏着化肥滥用所产生的许多副作用,诸如破坏生态环境、破坏土壤结构、残留有害重金属、降低农产品品质等。


图 4-3 在码头上待运的化肥[W]

为了能够扬长避短，或者至少扬长补短，科学家们提出了多功能化肥的概念，这将是21世纪新型化肥的重要发展方向。

多功能化肥是农学、化学、土壤学、信息学等多种学科综合集成的产物，它能够实现化肥的高效利用，减少污染，改善土壤结构，改善作物抗逆性，防治杂草，抗病虫害等。

(2)农药：农药是指用来防治危害农林牧业的有害生物(害虫、害螨、线虫、病原菌、杂草及鼠类)和调节植物生长的药品。在20世纪40年代以前，农药以天然药物及无机化合物为主；二次大战结束以后，有机合成农药开始盛行于世。

20世纪40年代初，出现了有机氯农药"滴滴涕"，化学名为双对氯苯基三氯乙烷；还有"六六六"，学名六氯环已烷；二次大战后，出现了有机磷类杀虫剂；50年代又发展了氨基甲酸酯类杀虫剂。

农药是一把双刃剑，既可以杀灭有害的昆虫、真菌和其他危害作物生长的生物，又可能污染环境和危及人畜安全。例如，最早使用的农药滴滴涕、六六六等，它们能快速有效地消灭害虫，但它们的化学结构稳定，不易在环境中自然降解，会在环境中长期存在，并在动植物及人体中积累，产生很大的副作用，为此已被各国淘汰。后来改用有机磷农药，如敌敌畏，这种农药属于广谱性的剧毒农药，对人畜的危害很大，近年也已经逐渐淘汰或禁用，取而代之的是一批高效低毒的农药，如敌百虫。

通常，根据防治对象，农药可分为杀虫剂、杀菌剂、杀螨剂、杀线虫剂、杀鼠剂、除草剂、脱叶剂、植物生长调节剂；根据药物加工剂型可分为粉剂、可湿性粉剂、可溶性粉剂、乳剂、乳油、浓乳剂、乳膏、糊剂、胶体剂、熏烟剂、熏蒸剂、烟雾剂、油剂、颗粒剂、微粒剂。施用方法则根据害虫或病害的种类以及农药本身的物理性质而不同，常用的施用方法有粉末撒布，制成水溶液、悬浮液、乳浊液喷射，或制成蒸气或气体熏蒸等，甚至可用飞机喷洒(图4-4)。



图4-4 飞机喷洒农药［W］

目前，人工合成的化学农药超过500种。农药在使用过程中，有时会残留在环境中，造成环境污染，有时会危及人畜安全。主要危害有：污染大气水源，造成土壤板结，增强病菌、害虫的抗药性，误杀有益生物如益虫、益鸟等，造成野生生物和畜禽中毒，危害人体健康。

除了上述的杀灭性农药外，农药家族里还有一类植物生长调节剂。它们是用

于调节植物生长发育的农药，用于对植物生长发育进行“促进、抑制、延缓”等不同方向的调控，让植物按照人类需要的方向去生长发育。例如，喷洒矮壮素让小麦的植株变得矮壮以增强其抗倒伏能力；喷洒膨大剂使西瓜更大更甜；喷洒抑制剂来抑制土豆发芽，延长储存期等。植物生长调节剂具有见效快、用量少、低毒、高效、不易残留、不易产生抗药性等优点，这使得植物生长调节剂在国内外农药领域占据了越来越大的份额。

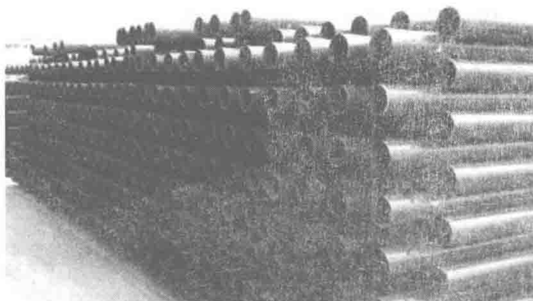
总之，未来的农药将向着安全、高效、经济和使用方便的方向发展，绿色环保、高效低毒是农药行业基本的要求。随着人们生活水平及环境意识的提高，高毒有机磷杀虫剂将逐步淡出市场，高效、低毒的化学农药和生物农药将成为农药市场的新宠。

(3)农用薄膜和灌溉管材：农用薄膜是应用于农业生产的塑料薄膜的总称。农用薄膜是现代化农业发展中的重要生产资料。我国的农用薄膜产量居世界首位，是全世界其他所有国家农用薄膜用量总和的1.6倍。为什么我国的农膜用量如此之多呢？这与我国人多地少以及地域辽阔、气候生态差异大的基本国情有着密切的关系。世界上没有一个国家需要像我国一样采用超集约的土地利用方式，也没有一个国家需要像我国一样需要在漫长冬季里解决几亿人的生鲜蔬菜供应问题。因此，20世纪发明的农用薄膜技术，成为促进中国农业发展的重大关键技术之一。很难设想，如果没有薄膜覆盖的温室塑料大棚，我国北方冬季能有如此丰富的新鲜蔬菜供应。一般地说，1亩温室大棚的年产值大致相当于5亩露地种植的收入。这就是为什么农膜技术成为国家支持、农民欢迎的实用技术的原因。

农膜的用途很多。首先是保温增墒的作用。在北方农区，农膜覆盖可以提早播种，从而延长作物的生长期，提高作物的产量；在干旱地区，农膜覆盖可以减少地表水分蒸发，增加土壤墒情，确保春季少雨时种子能发芽生长，确保苗全苗壮。在南方地区或者夏季时节，由于气温较高不利于一些喜荫喜凉的作物或食用菌的生长，这时加盖黑色的遮光膜，就能减少强光照射，人工创造一个适宜的阴凉小气候环境。比如栽种人参、某些名贵花卉以及野外栽培食用菌的场合，都需要进行农膜遮光处理。农膜还有减少杂草、减少病虫害、减少水渠和沼气池的水分渗漏等作用。当然，农膜最常见的方式是覆盖温室大棚(图4-5)，这已经成为冬春田野的特别风景，成为现代农业的时代符号。



图4-5 薄膜大棚[R]


图 4-6 滴灌管材［W］

除了农膜之外，农业化学的另一个重要产品是用于节水滴灌的塑料管材(图 4-6)。

滴灌是节水农业的主要灌溉技术之一，通常用于温室大棚滴灌、果树滴灌和棉田滴灌等。滴灌系统由水源工程、首部枢纽(包括水泵、动力机、过滤器、液肥注入装置、测量控制仪表等)、各级输配水管道和滴头等四部分组成。其中大量使用塑料制成的各种口径大小的输配水管道和滴头，成为新兴农用化学工业的重要产品。

采用滴灌的方式有着许多好处。例如，滴灌条件下，灌溉水直达作物的需水根部，可有效减少土壤水分的无效蒸发；滴灌贮水池中加入了相应的液肥，实现供水与供肥一并进行，使土壤养分处于能满足作物生长的最佳状态，减少肥料的施用量；滴灌还可减少中耕除草和病虫害，同时也不会造成地面土壤板结；滴灌比喷灌和传统的漫灌节水 35%—75%。

3. 农业育种的理论和技术

20 世纪是农业生物育种理论建树最多、技术进步最大的世纪，许多影响深远的重大发现和发明，都在这个世纪集中出现，而且很快转化成农业生产上的实用技术，在生产实践中得以推广应用。

如果刻意追本溯源，20 世纪的育种学是继承了 18 世纪以来的生物学知识而发展起来的。我们在近代农业篇里已经提到，近代育种理论和技术萌动于西欧。在 20 世纪之前，已经建立了生物遗传学的核心框架，提出了关于植物有性繁殖、植物杂交育种、杂种后代的分离和杂种优势利用等学术概念，并获得了最早的植物人工杂交的后代。进入 20 世纪，遗传学的基本定律在实验中得到验证，从而在理论和实践上推动了生物育种学的进程。作为一项建立在坚实的生物学理论基础之上的新兴实用技术，作物育种进入了一个新的发展阶段，成为日新月异的前沿农业科技之一。

1903 年，丹麦科学家海姆·约翰森提出了纯系学说，为纯系育种奠定了理论基础，也为区分遗传变异和环境变异提供了实证依据。对于像水稻这样的自花授粉作物，提出了系谱选择法的育种技术。后来经过实践中的完善和变通，逐渐形成一套在生产实践中获得广泛应用的育种技术体系。

对于像玉米这样的异花授粉作物，美国育种家伊斯特和沙尔(1909)在对玉米自交的研究中，发现了玉米杂种优势的存在。其后，琼斯根据这个理论育成了第

一个玉米杂交种。1920 年，琼斯进一步提出玉米双交育种的技术方案。20 世纪 40 年代以后，斯普拉格和塔特姆提出杂交配合力概念，赫尔提出轮回杂交选择法进行玉米群体改良。这些新理论、新技术，不仅为玉米育种中利用杂种优势开创了新途径，而且为 20 世纪玉米产量的大幅提升作出了重要贡献。


图 4-7　摩尔根［W］

此外，在 1927—1928 年间，摩尔根（图 4-7）用 X 射线辐照果蝇卵，引起大量基因变异，发现了 X 射线能引起生物产生基因突变的现象，并由此引发了利用辐射促使基因变异进行育种的思想。

1937 年，布莱克斯利等用秋水仙碱诱导植物染色体加倍成功，使多倍体育种成为可能，并产生了化学诱变育种的新技术。1954 年，西尔斯建立了小麦非整倍体系统和发现了植物同源染色体配对机理，为导入外源基因提供了方便。

在抗病育种方面，斯塔克曼 1917 年关于小麦秆锈菌的生理小种分化学说和弗洛尔 1940 年发现的植物的致病性基因，推进了基因学说的进步。1963 年，普兰克提出的植物“水平抗性”概念，从病害流行学的角度完善了抗病育种的策略。

此外，瓦维洛夫在 20 初进行的世界性植物资源考察以及在此基础上形成的作物起源中心学说，费希尔和赖特等人创建的生物数理统计学等，对于促进作物育种技术发挥了重要作用，最终使作物育种学发展成为有巨大实用价值的技术学科。

我国应用现代育种技术改良作物品种始于 20 世纪初，与当时的世界先进水平差距并不大。后来我国历经北伐战争、土地革命战争、抗日战争和解放战争的长期战乱，严重阻碍了包括农业科学在内的科技教育事业的发展。到 20 世纪中期，我国与先进国家的农业科技差距被拉开了很大的距离。

第一次绿色革命

绿色革命最初的概念是指在生态学和环境科学基本理论的指导下，人类为了促使社会经济与环境协同发展，创造人与自然和谐共进的新秩序所开展的一切文化活动。但是，在绿色革命之前冠以“第一次”的定语，则是特指开始于 20 世纪中期的全球性农业技术推广活动。

近代以来，人类社会曾经先后发生过四次“农业革命”，即 19 世纪 90 年代的“农机革命”、20 世纪初的“化肥革命”、20 世纪前半叶的“育种革命”和 20 世纪下

半叶出现的“第一次绿色革命”。

第一次绿色革命活动的发起者是一些发达国家以及墨西哥、菲律宾、印度、巴基斯坦等发展中国家。当时的人们相信，这场起源于“矮化基因育种”的农业改革活动，必将对世界农业产生深远的影响，可与18世纪发明蒸汽机所引起的“第一次工业革命”相媲美。因此，活动的发起者们非常自信地称之为“第一次绿色革命”。

这次全球性的“绿色革命”之所以在20世纪中期出现，是由于当时世界上许多贫穷的发展中国家发生了比较严重的粮食短缺现象，而当时的农业科技成果可以帮助这些后进国家提高农业生产水平，减轻甚至缓解世界性的缺粮难题。此外，在联合国粮农组织主导下，国际社会关于粮食增产、国际减贫和全球和平稳定等问题逐渐形成共识，各国政府与非政府组织积极为农业革命提供政策、资金和技术的支持。在这些条件的共同作用下，一次世界性的农业科技推广运动得以顺利推行，成为载入20世纪史册的与其名称相符的“第一次绿色革命”。

1.第一次绿色革命的时代背景

20世纪前期，西方国家大规模投资农业科学研究，农业产量获得了近乎戏剧性的飞跃发展，发达国家出现了稳定的食物供应，消除了饥饿的威胁。这个富庶盛世的出现，得益于发达国家的市场化农业经营模式、育种技术发展、化肥农药的使用以及农业机械化的普及。

在富者愈富、贫者恒贫的两极分化越来越严重的国际格局中，殖民统治者对殖民国家的农业投入甚少，先进的农业技术几乎与发展中国家无缘。南北对立、纷争不断，成为那个时代的国际关系的突出矛盾，于是出现了殖民国家争取独立和解放的巨大浪潮。

20世纪60年代中期，发展中国家普遍出现饥饿和营养不良现象，许多贫穷国家日益依赖富裕国家的食品援助。比如，当时接连不断的旱灾使亚洲大国印度产生了不稳定动乱，局势日益恶化。这种情况日益引起了国际社会的关注和同情。可以说，第一次绿色革命是在特殊的时期采用特殊的政策所形成的农业技术推广运动，它包括许多政策、环境因素，比如全球性人口增长、饥荒、冷战以及慈善事业的兴起等。

2.兴办面向发展中国家的农业研究机构

最先推动这次农业革命的是美国的洛克菲勒基金会和福特基金会。他们率先建立了一个推广应用先进农业技术的国际农业研究组织（有关这个组织的详细介绍见本篇第二部分）。这个阵容庞大的国际性农业研究组织，先后在世界许多国家兴办了一批高水准的专门研究机构。这个以解决粮食短缺为首要任务的公

益性农业组织所投入的第一笔资金就被用来改造两种农作物：水稻和小麦。因此，在第一次绿色革命中，与这两种粮食作物相关的两个国际研究机构担当起了重任，它们是设在墨西哥的国际玉米和小麦改良中心以及设在菲律宾的国际水稻研究所。

在墨西哥的国际玉米和小麦改良中心，以诺贝尔和平奖获得者勃劳格（图 4-7）为首的小麦育种家团队，选用具有日本“农林 10 号”矮化基因的小麦品系，与抗锈病的墨西哥小麦进行杂交，先后育成了 30 多个矮秆、半矮秆品种，其中有些品种的株高只有 40～50 厘米，同时具有抗倒伏、抗锈病、高产的突出优点。



图 4-7 小麦育种家、诺贝尔和平奖获得者勃劳格［W］

国际玉米和小麦改良中心从 1960 年开始在墨西哥推广矮秆小麦，3 年后良种小麦种植面积占总面积的 35%，总产接近 200 万吨，比 1944 年增加了 5 倍，除了满足本国需要，还有部分剩余，开始出口国外。1966 年，人口众多、缺粮严重的印度开始了依靠先进技术提高粮食产量的“绿色革命”，从墨西哥引进了新育成的高产小麦品种，同时增加了化肥、灌溉和农机等投入，结果粮食产量逐年提高，全国的农业面貌发生巨大变化。在推进绿色革命 15 年后的 1980 年，印度的粮食总产量翻了一番多，从 7 235 万吨增至 15 237 万吨，由粮食进口国变为出口国（图 4-8）。



图 4-8 印度姑娘在收获绿色革命的成果［W］

1962 年在菲律宾设立的国际水稻研究所，通过杂交育种方法，成功地将我国台湾省的传统水稻品种“矮脚乌尖”所具有的矮秆基因导入高产的印度尼西亚品种“皮泰”中，育成了半矮秆、高产、耐肥、抗倒伏、穗大、粒多的“国际稻 8 号”品种。此后，继续在矮秆高产的育种目标下育成“国际稻”的系列良种，并在抗病性、适应性等方面有了改进。

国际水稻研究所设在菲律宾，使该国具有近水楼台先得月的地缘优势。从 1966 年起，菲律宾政府结合水稻高产品种的推广，采取了增加投资、兴修水利等一系列措施，很快实现了大米自给。由此可见，绿色革命的实施在一定程度上确实改变了一些发展中国家的农业面貌。

在推广绿色革命的过程中，国际性的农业研究机构相继培育和推广了一批矮秆、耐肥、高产、抗倒伏的水稻、小麦、玉米等新品种。各国政府配合良种的引进和推广，增加了化肥、农药、灌溉的投入，使粮食产量实现了大幅的增加。绿色革命

的成就改写了许多国家的历史。据后来的研究报告称，当时最早参与绿色革命运动的11个亚非和南美国家中，20世纪80年代末的水稻单产比70年代初提高了63%，有19个发展中国家解决了粮食自给问题。

3. 中国对第一次绿色革命的贡献

在"第一次绿色革命"如火如荼进行的20世纪六七十年代，中国正经历"文化大革命"。在这场运动中中国的科技、教育事业停滞甚至后退了许多年，拉大了与世界先进水平的距离，但在"以粮为纲"的口号下中国的农业科研、推广受到的冲击相对较小。当时中国仍然遭受西方社会的封锁排挤，没有正式参与"第一次绿色革命"的活动，没有机会分享世界先进农业科技成果。中国的农业科学家在艰苦的科研条件下，依然坚持紧盯国际农业科技前沿开展科研工作，不仅为解决中国的粮食问题作出了巨大的贡献，而且也为世界农业科技发展作出了贡献。其中有两位水稻育种家，以杰出的科研成果获得了国际同行的赞誉和褒奖，他们就是水稻矮秆育种之父黄耀祥和水稻杂交育种之父袁隆平。


图4-9　黄耀祥院士［W］

我们在上文已经提到，第一次绿色革命的核心是推广"矮化基因育种"培育的水稻、小麦和玉米新品种，但是科学界之外的广大民众很少有人知道，首先提出并育成矮秆品种的是中国农业科学家黄耀祥院士（图4-9）。

在国际玉米和小麦改良中心和国际水稻研究所成立之前的1955年，广东农业科学院水稻专家黄耀祥以敏锐的科学眼光，发现影响水稻产量提高的最大障碍是植株过高，容易在稻穗黄熟期倒伏，而且越是在肥水管理条件好的地区倒伏越严重。解决倒伏问题的有效途径是通过杂交育种选育矮秆高产的新品种。于是，黄耀祥及其团队开始在南方稻米产区进行广泛考察，希望从我国的传统水稻品种中找到符合育种目标的品种。成功总是偏爱有准备的头脑，他们终于在广西西部山区寻到一种叫"矮仔黏"的品种。这个品种植株高70厘米左右，符合"矮秆"水稻的植株要求，但是它不高产、不抗病，所以过去只在局部山区有少量种植。对于育种家而言，只要具有"矮秆基因"，就能把它转移到高产的品种上去。1956年，以"矮仔黏"为母本，与当时的抗病、高产但是高秆的"广场13号"进行杂交。到1959年，育成了我国第一个人工杂交选育的矮秆籼稻品种"广场矮"。这个成果是世界水稻育种史上的一次重大突破，它比国际水稻研究所育

成的“国际稻 8 号”更早，是货真价实的“第一次绿色革命”成果。

另一位著名水稻育种家是被称为“国际杂交水稻之父”的袁隆平院士(图 4-10)。袁隆平从 20 世纪 60 年代开始致力于杂交水稻的研究，经过 12 年的努力，成功培育出了“三系杂交稻”。1976 至 1987 年间，他培育的杂交水稻种植面积累计达到 11 亿亩，增产稻谷 1 000 亿千克。1979 年，杂交水稻作为我国第一个农业技术专利转让美国。印度、越南等 20 多个国家和地区也引种了杂交水稻。袁隆平的成果，为解决世界粮食短缺问题作出了巨大贡献。


图 4-10　袁隆平院士（中）和他的研究团队［W］

由中国科学家育成的杂交水稻是第一次绿色革命的杰出代表，联合国世界知识产权组织授予袁隆平院士金质奖章和“杰出发明家”荣誉称号，他是实至名归的“杂交水稻之父”。

第二次绿色革命

如前所述，第一次绿色革命的推行，逐渐从单纯的主要粮食作物“矮化品种”推广演变为一场国际性的农业科技成果的普及活动。毫无疑问，这是一次成功的“革命”，它使 20 世纪许多发展中国家的粮食短缺问题得到缓解甚至消除。但是，这个运动施行一个时期之后，逐渐暴露出它所主张的技术措施的负面影响。例如，过多施用化肥、农药造成了环境污染和土壤退化；单一种植人工选育的作物良种引起农业种质资源减少和农业生态系统退化；过多依赖水利灌溉造成地表水源缺乏和土壤盐碱化。此外，片面强调作物品种的高产特性而忽视全面的营养品质，以致谷物的矿物质和维生素含量降低，长期食用会造成营养不良，等等。

为了克服第一次绿色革命的缺陷，解决国际农业面临的共性问题，1990 年世界粮食理事会第 16 次部长会议提出了推行“第二次绿色革命”的倡议，旨在运用国际力量，为发展中国家培育既高产又富含营养的动植物新品种以及功能菌种，促使农业生产方式发生革命性变化，在促进农产品增长的同时，确保生态环境能支持农业可持续发展。

1. 第二次绿色革命的时代背景

每一次重大农业变革，都需要满足两个基本的前提：一是此前的农业发展出现重大问题，需要加以纠正和克服；二是当前的农业科技有了重大突破，足以推动农业发生全局性的变化。到 20 世纪末，整体而言，世界农业的大格局已经满足了

这个必要条件。首先是世界农业出现了不可持续发展的情况，这一点已如前文所述；其次是农业科技领域有了突破性进展，表现在当代生物科技的创新与应用必将导致农业、食品、营养、医药、健康、能源、环保等产业发生重组和融合，进而导致世界农业经济发生深刻变化。

2. 第二次绿色革命的实施方案

由于各国政治、经济、文化、社会情况和历史传统的差异，对于1990年联合国世界粮食理事会倡导的第二次绿色革命的实施思路，各方分别提出了不同的主张。

例如，国际农业研究磋商组织提出，本次绿色革命的主要任务是帮助第三世界贫困人口脱贫，以养活未来人口为主要目标，以环境保护和持续发展为前提，以生物技术（主要是基因工程和分子生物学在育种上的应用）和信息技术与常规育种技术相结合为主要途径，以培育超级木薯、超级水稻（图4-11）、特种玉米、抗病马铃薯、抗病小麦为主要内容。

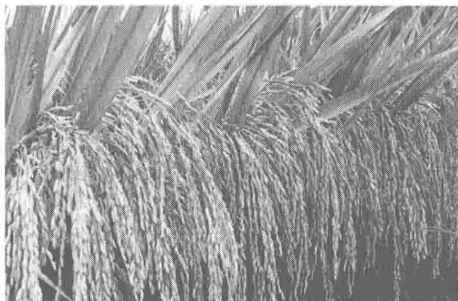


图4-11 亩产超过1 000千克的超级杂交水稻［W］

英国提出的主要任务是，提高作物单产，培育优良的作物品种，改善土地生产能力，防治病虫害。美国说得更简单，只是解决吃好问题，以开发含微量元素的保健食品为主。

作为世界上最大的发展中国家，中国对这次绿色革命寄予厚望，提出了最完整、最负责的一整套战略构想。我国主张，“第二次绿色革命”的目标应该是“少投入、多产出、保护环境”。根据这一目标，我国的作物生产不仅要继续提高产量、改良品质，更重要的是要大幅度地减少农药、化肥和水资源的用量，保证经济、社会和环境的可持续发展，以及人与自然的和谐共处。

实现第二次绿色革命所涉及的抗病、抗虫、耐旱、抗逆、营养、高产、优质等都是较复杂的生物学基础性状。我国科学家通过种质资源研究、功能基因组研究与分子育种技术相结合的途径，在上述各方面的研究中都取得了重要进展，已获得了数以千计的具有各种优良性状的种质资源；通过分子标记遗传作图的方法，已鉴定、定位了数百个控制这些性状的基因位点；应用分子标记辅助选择和转基因方法相结合，已经培育出了抗病、抗虫和品质改良的作物新品种。

3. 第二次绿色革命面临的问题

（1）人类历史进入了信息经济和生物经济时代：第二次绿色革命处于信息经

济时代和生物经济成长阶段。在即将到来的生物经济时代，农业的功能，除满足人们温饱需要、为工业提供原材料外，还将体现在增进人类健康、提高营养品质和生活质量、满足人们消费多元化等许多方面。也就是说，相对于第一次绿色革命的目标导向主要是增加食品产量而言，第二次绿色革命的目标导向是多元的，它更加关注生活质量的提升与环境的保护。

(2)技术系统和知识产权的界定的障碍：第二次绿色革命依托的技术将主要是以分子生物学及基因工程为核心的现代生物技术，以及其他配套的有利于环境保护的“绿色”技术。第二次绿色革命依托的技术，如研制转基因作物种子所需的科学技术，比第一次绿色革命所用的科学技术要复杂得多。另外，转基因种子主要是由私营公司尤其是兼营种子与化工产品的跨国公司研制的，由此带来的种子成本和知识产权问题非常突出，以致成为目前推广使用生物技术产品的巨大障碍因素。

(3)政策环境动荡不定：第二次绿色革命已不存在来自意识形态领域的影响，但有关转基因食品的政策法规更加严格；非政府组织、公众意识和舆论已形成重要的政治力量，各利益相关方的关系更加错综复杂；互联网等信息技术的发展又使得公众的关注度和知情状况发生改观，从而使转基因等技术的推广应用面临更多的挑战。

(4)生物技术的负面效应：第二次绿色革命可能造成的负面效应主要是食品安全、生物伦理以及生物多样性等问题。不用基因工程生物，也不用农药、化肥等化学合成物质生产的食品被称为有机食品(图 4-12)。



图 4-12　有机食品标志［W］

4. 推行第二次绿色革命的对策措施

要促使第二次绿色革命在全球尤其是发展中国家广泛展开，还有诸多障碍因素需要消除，这些因素主要包括：新技术、新品种的研发成本与发展中国家农民购买力的矛盾，知识产权保护，利益相关者关系等。根据两次绿色革命的异同点，第二次绿色革命可从第一次绿色革命中借鉴之处在于：

(1)降低农业生物技术研发成本，使发展中国家农民能够买得起。转基因技术及其种子成本高，第二次绿色革命同样需要制定和建立成本减免计划和贷款体系，以便发展中国家农民能够买得起。

(2)加大公共部门投资，建立公共部门与私营企业的伙伴关系。目前转基因食品的投资多来自私营部门，知识产权保护非常重要，以致有人称“知识产权问题

是基因革命的核心”。如何在知识产权保护和技术更大规模的扩散之间建立起适宜的平衡，是第二次绿色革命面临的一大挑战。显然，加大公共部门投资，建立公共部门与私营企业的伙伴关系，将有利于生物技术的保护和传播。

(3)强调农业发展对全球问题的重要性，通过公共政策来促进利益相关者之间的合作。绿色革命的利益相关者主要是指各级政府、公共机构、私营公司和非政府组织。在对待转基因作物的态度上，各利益相关者应当从农业及食品安全对于全球稳定和安全的重要性以及公共福利出发，形成农业发展对全球问题重要性的共识。需要通过加大公共政策的支持，促进各利益相关者合作，共同推进第二次绿色革命。

(4)发展中国家的决策者必须制定合适的法规，这些法规要同时考虑到转基因食品的现实利益和风险。当今，各国或地区对待转基因食品的法规制度不同，存在着明显的分歧。例如，如果没有一些明确考虑转基因作物对农民和消费者潜在利益的法规，那些本可以从转基因作物受益最大的国家如非洲一些国家，可能会为了获得欧盟的财政援助而打消允许本国种植的念头，因为多数欧盟国家不支持转基因作物种植。

(5)为实现节能减排、生态文明等可持续发展目标，第二次绿色革命应当强调开发应用高产、环境友好的绿色技术，倡导绿色消费方式，在实现食品增长的同时注重可持续发展。

农业现代化发展的路径选择

农业科技革命的本质就是要创建可持续的农业科学技术体系，以可持续发展为根本特征。概括地说来，其基本特征为：①兼顾经济、社会和生态效益，协调发展；②强调对土地、水和动植物遗传资源进行有效保护，防止环境退化；③降低对农药、化肥、化石能源等外源性物质及资金的依赖程度，使其在经济上能够维持下去；④减少对环境的污染，使发展能够为社会所接受。

世界上大多数发达国家在20世纪60年代先后实现了农业机械化，继而相继实现农业现代化。这些国家建设现代农业的路径选择，大致可分为三类。一类是人少地多、劳动力短缺的国家，如美国、加拿大等，凭借发达的现代工业和低价能源的优势，大力发展农业机械，以机器取代人力和畜力，通过扩大种植面积来提高农作物的总产量。这类国家以提高劳动生产率为主要目标。第二类是人多地少、耕地资源短缺的国家，如日本、荷兰等，把科技进步放在重要位置，通过改良农作物品种，加强农田水利设施建设，发展农用工业，提高化肥与农药施用水平，以提高单位面积产量。这类国家以提高土地生产率为主要目标。第三类是土地、劳动

力适中，如法国、德国等，既重视用现代工业装备农业，又重视现代科学技术的普及与推广。这类国家以提高劳动生产率和土地生产率并重为主要目标。

综观发达国家建设现代农业和实现农业现代化的历程，虽然各国在建设现代农业的道路和技术路线的选择上有所不同，但都无一例外地优先实现农业机械化，进而实现农业现代化。在由传统农业向现代农业发展的历史阶段，农业机械化是农业生产要素中影响现代农业进程的关键因素，并且农业机械化是实现农业现代化和形成农业竞争力的核心能力，农业机械化水平的高低决定着农业现代化的进程和农业竞争力的强弱。

世界范围的农业现代化

就世界范围而言，全球总人口由 1946 年的接近 23 亿人增加到 1985 年的 48 亿人，人口净增加了 1.1 倍，而同期的世界粮食总产量却由 5.33 亿吨猛增至 18.41 亿吨，增长了 2.45 倍，平均每年递增 3.2%，农产品产量的增长速度远远超过人口的增长速度，因而世界人均占有粮食由 234 千克增加到 380 千克，净增加了 146 千克。

根据中外农业科技史专家的研究结论，人类在渔猎、采集农业阶段，每 500 公顷土地只能养活 2 人；进入刀耕火种的原始农业阶段，每 500 公顷土地可以养活 50 人；进入连续种植的农业文明阶段，每 500 公顷土地可以养活 1 000 人；而在资本技术集约型经营的现代农业阶段，每 500 公顷土地可以养活的人口猛增至 5 000 人。特别是 20 世纪 80 年代以来，荷兰人选择将有限的土地资源用于发展高附加值的畜牧业和园艺业，发展以温室工程技术为代表的现代设施农业，园艺作物基本摆脱了自然条件的约束，使 1 公顷温室的生产水平超过 100 公顷大田作物的产出规模。目前荷兰一个农业劳动力每年生产的农产品可以养活 112 人。这样的生产增长速度在世界农业史上是从来没有过的。

二、20 世纪成立的国际农业组织

进入现代以来，特别是第二次世界大战结束以来，在经济全球化的推动下，农业的发展已经不再是一国一地的孤立事情，农业已经越来越国际化、全球化了。如果世界发生严重粮食短缺，地球村里谁也别希望能够安享晚餐。

现代社会的发展，已经形成了世界经济一体化的新格局，包括农业在内的几乎所有的经济领域，都已经是你中有我，我中有你。因此，在现代农业篇里，我们不再分别地具体讨论哪个国家的农业如何如何了，而是与读者一道，站在世界的巅峰，俯视这个小小环球，观看世界农学领域的朝晖夕照，潮起潮落。这个时代的农业技术发展的支撑条件之一是成立了许多国际性的涉农组织。

联合国及其涉农组织

二战结束以后，和平与发展成为世界的主旋律。为了防止再次发生世界大战这样的人类悲剧，人类历史上第一次出现了协调国际关系、平衡国际利益、调解国际纠纷、共享地球资源、避免非正义战争的全球性政府间组织“联合国”（图 4-13）。其下属或关联的涉农机构，成为世界农业发展和农业环境资源保护的新生力量。

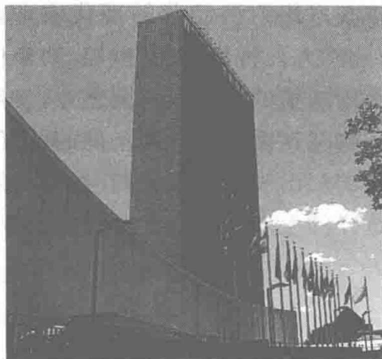


图 4-13　位于美国纽约的联合国大厦 [W]

1. 联合国

“联合国”这一名称是美国总统罗斯福首先提出来的，在第二次世界大战期间的 1942 年 1 月 1 日《联合国宣言》中第一次使用。当时有 26 个国家的代表承诺各自政府将继续共同对发动这次大战的德国、日本、意大利等轴心国作战。

1945 年 4 月 25 日，有 50 个国家的代表参加了在美国旧金山举行的联合国国际组织会议，这些与会代表主要对中国、苏联、英国和美国的代表在此前的 1944 年 8—10 月在美国首都华盛顿哥伦比亚特区市郊的敦巴顿橡树园拟订的《联合国

宪章》建议稿进行了讨论,分别提出了修改补充的意见。1945年6月26日,50个国家的代表签署了《联合国宪章》。波兰当时没有代表出席,后来补签了《宪章》,成为第51个创始会员国。《联合国宪章》于1945年10月24日生效,10月24日后来成为联合国日。

根据《联合国宪章》,安全理事会负有维护国际和平与安全的首要责任。安理会有15个理事国,每一理事国有一个投票权。所有理事国都有义务履行安理会的决定。安全理事会首先判定对和平的威胁或侵略行为是否存在。安理会促请争端各方以和平手段解决争端,并建议调整办法或解决问题的条件。在有些情况下,安全理事会可以实行制裁,甚至授权使用武力,以维护或恢复国际和平与安全。安全理事会还建议大会任命秘书长和接纳新会员国加入联合国。安理会与大会一起选举国际法院法官。

联合国安理会有5个常任理事国,它们是:大不列颠及北爱尔兰联合王国、俄罗斯联邦、法兰西共和国、美利坚合众国和中华人民共和国;有10个非常任理事国,由大会选举产生,任期两年。

联合国秘书长是联合国秘书处的长官,是这一机构的"行政首长"。秘书长可以根据工作需要,任命若干名副秘书长,协助其工作。

2.粮食及农业组织

粮食及农业组织的成立先于联合国本身。第二次世界大战爆发后,经当时的美国总统罗斯福倡议和召集,45个国家的代表于1943年5月18日至6月3日在美国弗吉尼亚州的温泉城举行了同盟国粮食和农业会议。会议决定建立一个粮食和农业方面的永久性国际组织,并起草了《粮食及农业组织章程》。1945年10月16日,粮食及农业组织(以下简称粮农组织)第1届大会在加拿大的魁北克城召开,45个国家的代表与会,并确定这天为该组织的成立之日。至11月1日第1届大会结束时,42个国家成为创始成员国。1946年12月16日与联合国签署协定,从而正式成为联合国的一个专门机构。中国是该组织的创始成员国之一。1973年,中华人民共和国在该组织的合法席位得到恢复,并从同年召开的第17届大会起一直是理事国。

联合国粮农组织(图4-14)现有191个成员国和1个成员组织(欧盟)。各成员国政府通过大会、理事会行使其权力。两年一度的大会是成员国行使决策权的最高权力机构。大会的主要职责是选举总干事、接纳新成员、批准工作计划和预算、选举理事国、修改章程和规则,并就其他重大问题作出决定,交由秘书处贯彻执行。



图4-14 联合国粮农组织标志[W]

粮农组织的宗旨是：保障各国人民的温饱和生活水准；提高所有粮农产品的生产和分配效率；改善农村人口的生活状况，促进农村经济的发展，并最终消除饥饿和贫困。

大会休会期间，由49个成员国组成的理事会在大会赋予的权力范围内处理和决定有关问题。理事会下设8个委员会：计划、财政、章法、农业、渔业、林业、商品问题和世界粮食安全委员会。

粮农组织在总干事领导下，由秘书处负责执行大会和理事会决议，并负责处理日常工作。粮农组织在全世界共有4 300名职员，其中总部2 300人。粮农组织在亚太、非洲、拉丁美洲及加勒比海、近东、欧洲等设有5个区域办事处，在华盛顿、纽约、布鲁塞尔、东京分别设有驻北美、联合国、欧盟、日本等4个联络处，还设有南部与东部非洲、太平洋岛、加勒比、北美、中欧与东欧等5个分区域办事处。此外，粮农组织还设有74个国家代表处，负责处理与100多个国家的日常事务。

粮农组织的主要职能是：①搜集、整理、分析和传播世界粮农生产和贸易信息；②向成员国提供技术援助，动员国际社会进行投资，并执行国际开发和金融机构的农业发展项目；③向成员国提供粮农政策和计划的咨询服务；④讨论国际粮农领域的重大问题，制定有关国际行为准则和法规，谈判制定粮农领域的国际标准和协议，加强成员国之间的磋商和合作。工作重点是：加强世界粮食安全；促进环境保护与可持续发展；推动农业技术合作。

中国是该组织的创始国之一。粮农组织非常重视中国在世界农业领域中的作用，十分赞赏中国农村改革和农业发展成就。联合国粮农组织于1983年1月在北京设立驻华代表处。

2014年9月5日，我国的湖南杂交水稻研究中心、农业部淡水渔业研究中心、农业部对外经济合作中心、农业部热带农业科学院、农业部沼气科学研究所等5家科研院所正式成为“联合国粮农组织研究培训参考中心”成员，为世界农业发展提供服务。



图 4-15　世界粮食计划署标志［W］

粮农组织授予我国五单位参考中心资格，表明这些单位在相关专业领域的研究培训达到了世界领先的水平，肯定了这些单位为“南南合作”作出的贡献，确立了这些单位在国际农业合作中的行业地位，必将推动授牌单位乃至我国与粮农组织的深入合作，为实现世界粮食安全和消除贫困发挥积极作用。

3. 世界粮食计划署

世界粮食计划署（简称粮食计划署，图 4-15），是

联合国内负责多边粮食援助的机构，总部设在意大利罗马。1961 年第 16 届联合国大会和第 11 届粮农组织大会决定成立。原定于 1963 年开始运作，但因 1962 年 9 月伊朗发生地震、10 月泰国遭受飓风、刚刚独立的阿尔及利亚面临 500 万难民重新安置问题，各地均亟需粮食，世界粮食计划署便提前于 1962 年投入运作。目前，世界粮食计划署正在从一个提供紧急粮食援助的机构转变成一个参与农业发展的机构，目的是稳定粮食供应体制并降低对粮食援助的依赖程度。

世界粮食计划署的宗旨是，帮助受援国在粮农方面达到生产自救和粮食自给的目的。援助方式分紧急救济、快速开发项目和正常开发项目 3 种。粮食计划署的活动资源主要来自各国政府自愿捐献的物资、现金和劳务。目前主要认捐者有中国、美国、欧盟、加拿大、荷兰、日本、德国、瑞典、英国、丹麦和澳大利亚等国家和地区。

世界粮食计划署的领导机构是执行局(原称粮食援助政策与计划委员会——粮援会，1996 年 1 月起改称现名)，由 36 个联合国和粮农组织成员组成，其中一半由联合国粮农组织理事会选出，另一半由联合国经社理事会选出，成员任期为 3 年，每年改选 1/3。执行局负责审批执行干事提出的援助项目，审查已批准的项目的执行情况。

中国于 1979 年正式参加该署活动。《中华人民共和国政府与联合国和联合国粮农组织合办的世界粮食计划署关于世界粮食计划署提供援助的基本协定》于 1980 年 10 月 4 日签字并生效。同年，该署在北京正式设立驻华代表处。中国曾多次以观察员身份出席该署会议。1987 年中国当选为粮食援助政策和计划委员会成员。1996 年中国成为首届执行局成员。

4. 世界粮食理事会

世界粮食理事会(图 4-16)是联合国系统内专门处理粮食问题的机构，1974 年根据世界粮食会议建议并经联合国第 29 届大会通过决议而设立的部长级理事会。其经常任务是：监测和评估世界粮食形势，定期就粮食的生产、消费、贸易、储备和援助问题进行磋商并提出解决问题的政策性措施，协调各国的粮食政策等。



图 4-16　印有世界粮食理事会英文名称的明信片 [W]

粮食理事会由联合国大会按地区选举 36 个理事国组成，其中亚洲 8 国，非洲 9 国，拉美 7 国，欧洲 6 国，北美、大洋洲 3 国，前苏联地区、东欧 3 国。理事国每届任期 3 年，每年改选 1/3，可连选连任。理事会每年召开一次例会。按规定，理事国派部长级代表与会，非理事国可派观察员列席会议，但无表决权。中国从 1982

年起为理事国。在此之前，曾以观察员身份列席理事会的第六和第七届会议。

粮食理事会设有秘书处，负责日常行政和业务工作。秘书处由执行主任领导，其人选由联合国秘书长同各理事国、粮农组织总干事磋商后任命，任期 4 年。秘书处办公室现设在意大利罗马粮农组织总部大楼内。该会自成立以来已进行的工作包括：促成了"国际农业发展基金会"的建立和《世界粮食援助公约》的正式签署，倡议并提出了"国家粮食战略"，帮助发展中国家引进资金和技术，开展了有关粮食生产经验的交流活动，提出并主持讨论了非洲的粮食问题等。

5. 全球环境基金会

全球环境基金会(简称环基会，图 4-17)是世界上最大的环保基金组织。在 1989 年的国际货币基金和世界银行发展委员会年会上，法国提出建立一种全球性的基金用以鼓励发展中国家开展对全球有益的环境保护活动。1990 年 11 月，25 个国家达成共识建立全球环境基金，由世界银行、联合国开发计划署和联合国环境规划署共同管理。1991 年 3 月 31 日，21 个国家捐款约 1.4 亿美元作为 3 年(1991－1994)试运行期的运行资金。在之后的正式运行期中，基金捐款国(主要是发达国家)定期向基金捐款。中国也是捐款国之一。



图 4-17　全球环境基金会标志 [W]

作为一个国际资金机构，环基会主要是以赠款或其他形式的优惠资助，为受援国(包括发展中国家和部分经济转轨国家)提供关于气候变化、生物多样性、国际水域和臭氧层损耗四个领域以及与这些领域相关的土地退化方面项目的资金支持，以取得全球环境效益，促进受援国有益于环境的可持续发展。它是联合国《生物多样性公约》、《气候变化框架公约》的资金机制和《持久性有机污染物公约》的临时资金机制。这些公约的缔约方大会为环基会相关领域规划和项目的合格性做出指导，环基会也同其他的公约和协议有着密切的关联。环基会与《保护臭氧层维也纳公约》和《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》下的多边基金互为补充。此外，环基会业务原则也与《防治荒漠化公约》及一系列有关国际水域的区域和国际条约相一致。

全球环境基金由两部分组成：一部分是中心基金，对基金的捐献(在自愿的基础上以可兑换的货币作捐献)采取捐赠的方式；另一部分是共同筹资协议，通过双边的优惠贷款或赠款，以共同筹资活动支持中心基金。

6. 联合国开发计划署

联合国开发计划署(UNDP)是联合国促进发展的全球网络，倡导变革并为各



图 4-18 联合国开发计划署开展发展援助 [W]

国提供知识、经验和资源，帮助人民创造更美好的生活；在超过 170 个国家开展发展援助（图 4-18），通过与这些国家的合作，帮助各国应对全球和各国国内面临的发展挑战。其领导机构是管理委员会，由经社理事会选举 48 人组成，席位按地区分配，任期 3 年。开发署在 130 个国家和地区设有常驻代表处。署长由联合国秘书长任命，联合国大会认可。

联合国开发计划署总部位于美国纽约市，全部资金由联合国成员国自愿提供。

30 多年来，作为联合国促进发展的全球网络，联合国开发计划署充分利用全球发展经验，支持中国制定应对发展挑战的解决之道，并为中国开展南南合作和参与全球发展提供协助。联合国开发计划署目前在中国的重点工作领域为减少贫困、善治、危机预防与恢复及能源与环境。就全球议题与南南合作而言，联合国开发计划署的重点工作领域是：加强联合国开发计划署、中国与第三方国家的三边合作，外国援助体系经验分享，应对全球与地区问题，提高私营部门参与程度，通过南南对话分享发展经验与成果。涉及农业、工业、能源、交通、通讯、教育、卫生、金融、税务、社会福利、扶贫、妇女发展、经济体制改革、引进外资等广泛领域。

联合国大学及其农业项目

1. 联合国大学

联合国大学（United Nations University，UNU）是联合国下设的国际大学，一个为了达成联合国的诸项目标、以就有关国际共同的课题进行研究及人才培养为目标的研究者们的国际共同体。1969 年，当时的联合国秘书长缅甸人吴丹积极提议建设一所符合联合国宪章的，以为世界和平、人类进步作贡献为宗旨的真正的国际性大学，并得到了各国特别是第三世界国家的广泛支持。1972 年联合国大会在一项决议中决定建立一所国际大学，该大学是联合国大会的一个具有自决地位的机构，其名称为联合国大学。1973 年联合国通过了联合国大学章程。当时，为强化东京作为国际都市的地位而一直希望能招揽国际机构本部的日本，以其雄厚的资金投入，使联合国大学成功地于 1975 在东京设立（图 4-19）。


图 4-19 位于日本东京的联合国大学 [W]

联合国大学在世界范围内设立了13个研究培训中心，第一个研究培训中心是“联合国发展经济研究所”，成立于1985年。研究培训中心是一种分权体系，能够最大程度动员东道国(包括比利时、巴西、芬兰、加纳、冰岛、日本等国家)的智力资源。近年来，大学总部也作了很多重大调整，进一步提高大学应对分权体系带来的挑战和机遇。这些调整包括提高东京总部的学术能力，提高大学范围内的战略计划和质量控制程序，加强大学体系内部不同部门之间的沟通、对话和合作。目前这13个研究培训中心分别是：

(1)联合国世界发展经济研究所，设在芬兰赫尔辛基。它是联合国大学设立的第一家研究培训中心，对最贫困国家经济和社会的可持续发展进行研究，提供政策建议。

(2)联合国新技术研究所，设在荷兰马斯特里赫特。研究的领域是发展中国家新技术的发明、传播和应用。

(3)国际软件技术研究所，设在中国澳门。目标是帮助发展中国家提高在软件工程上的能力以及利用信息技术快速发展的能力。

(4)非洲自然资源研究所，设在非洲加纳的首都阿克拉。研究方向是恢复和保持土壤肥沃，保持生物多样性。

(5)高等研究所，设在日本横滨。致力于对前沿科学的高等研究，中期的学术目标是科学技术的发展、城市化和发展。

(6)拉丁美洲和加勒比生物技术方案，创立于1988年，设在委内瑞拉首都加拉加斯，旨在促进南美洲和加勒比海地区生物多样性的发展和融合。

(7)国际水、环境和卫生网，设在加拿大安大略湖地区汉密尔顿。关注全球水危机对群众生活的影响及对全球可持续发展的不良影响。

(8)国际领导学院，设在约旦首都安曼。旨在促进、鼓励、推动领导力的发展，促进建立公平、民主、安全的世界。

(9)区域一体化比较研究方案，设在比利时西北部城市布鲁日。从多学科和比较视野，促进对区域间、区域内一体化进程和影响的理解。

(10)环境和人类安全研究所，设在德国波恩，研究面对自然灾难和潜在技术灾难时处理机制的建立和评价。

(11)联合国大学人类与社会发展食品和营养方案，1975年成立于美国纽约，该中心与美国康奈尔大学合作开展对食品营养的研究和能力培养。

(12)地热培训方案，设在联合国大学冰岛基地，提供对地热研究、开采、使用的专门培训。

(13)渔业培训方案，设在冰岛基地，提供6个月高级水平的渔业研究和发展

的专门培训。

联合国大学目前正在积极寻求建立四个新机构的可能性：全球健康国际研究所，计划设在马来西亚；世界经济发展研究所的分所，计划设在迪拜；地表变化研究中心，计划设在斯洛伐克；贸易与环境研究所，计划设在日内瓦。

2.联合国大学的涉农机构或项目方案

(1)联合国世界发展经济研究所：由联合国大学1985年在芬兰的赫尔辛基设立的第一家研究培训中心，致力于发展经济学研究，提供新问题的独创分析，并且为经济可持续发展和贫困国家的社会发展进行政策分析。研究所进行应用研究和政策分析，考察影响世界贫困人口生活条件的社会结构变化；提供专业交流论坛，以拥护稳健、公正、性别平等和资源可持续发展的政策；促进学者和政策制订者的能力培养，以利于经济和社会发展。这些工作由赫尔辛基的研究人员和访问学者以及世界上的其他学者和机构借助网络合作完成。

(2)非洲自然资源研究所：成立于1986年，总部在加纳大学，是联合国大学唯一设在非洲和低收入国家的研究培训中心。

非洲自然资源研究所的工作集中在非洲最重要的人力资源和自然资源方面。它的目标是帮助提高非洲各国的大学和其他机构的能力，以便进行资源的研究和生产开发，推广传播适用的技术，培训相关的专业人才，促进非洲的自然资源的可持续利用。

非洲自然资源研究所在五个非洲国家建立了协作单位，通过它们开展相关的活动：

象牙海岸的阿比让大学，开展社会、经济和政策分析相关的自然资源管理研究；

喀麦隆的雅温得大学，开展地理信息科学和计算机技术应用于自然资源管理研究；

赞比亚的卢萨卡大学，开展土壤肥力和矿产资源研究；

纳米比亚的温得和克大学，开展海洋和沿海资源研究；

塞内加尔的食品技术研究所，开展食品加工研究。

(3)拉丁美洲和加勒比生物技术方案：1988年，联合国大学和委内瑞拉政府之间签订协议，联合成立联合国大学生物技术方案(活动)，总部位于委内瑞拉。该方案旨在通过开展训练和研究，在科学、技术和社会三者的交叉点上，采用现代生物技术，促进社会和经济发展。这是在拉丁美洲和加勒比海地区引进美国生物技术的开端。

该方案的目的是为从事本专业的人员提供高等教育以及继续教育。本项目

方案的活动组织与科研机构开展合作，培养高素质的学者和研究人员，相关专家通过生物技术的国际网络进行远程教育。

该方案的活动包括为研究培训提供必要的奖学金、为学士学位持有者提供先进的后续教育课程以及通过网络为相关的专业人员提供培训机会等。

(4)国际水、环境和卫生国际培训进修项目：联合国大学在加拿大安大略省哈密尔顿的麦克马思特大学设立有关水、环境和卫生的国际网络，该网络的开设是联合国大学进修项目的初次尝试。网络总部设在联合国大学，在安大略省巴灵顿的加拿大环境部的加拿大内河中心设有支援设施。水、环境和卫生国际网络是一个特殊的国际研究和进修机构，在联合国系统中与学术界、产业界、政府等加强合作，致力于应对全球性的水环境问题。

该项目重视保护和管理发展中国家和地区的水生态系统、水系以及污水处理与再生、环境评价、生物毒药学、与水有关联的人类卫生保健等问题。加拿大政府和国际开发研究中心为该培训网络提供经费资助。

(5)联合国大学环境和人类安全研究所：由德国联邦教育和科学部的北莱茵一威斯特法伦州研究部支持，致力于促进可持续发展和提高人类安全，解决或缓解当前的和潜在的环境风险和环境恶化。人类安全的概念 1994 年首次出现在联合国开发计划署的人类发展报告中，包括七个方面：经济安全、食品安全、健康安全、环境安全、社区安全、政治安全和信息安全。

近年来，该所开展了干旱及其对农村社区的影响、三角洲和沿海地区泛滥平原的环境问题、过密型城市群的环境问题、斯里兰卡经济脆弱性研究、国际洪水倡议/计划、卫星图像和灾害管理等项目的研究，出版和发表了大量的相关论著。

(6)联合国大学人类与社会发展食品和营养方案：1975 年创建于美国的纽约。多年来，该方案一直从事具有全球意义的广泛活动，取得了广泛和令人羡慕的声誉。其重大贡献在于为发展中国家解决主要营养问题提供了解决方案，提高了发展中国家处理国家食物与营养问题的能力。

食品和营养方案与世界卫生组织、粮农组织、联合国儿童基金会、国际原子能机构、世界银行以及教科文组织等合作开展相关的项目。

营养不良是一个全球问题。1996 年 6 月以来，该方案在世界各地设立了区域中心。例如，泰国最古老的高等教育学府玛希隆大学是亚洲区域中心，智利的圣地亚哥国家农业科技协会是拉美地区中心，荷兰瓦赫宁根大学是欧洲区域中心，埃及的国家营养研究所是中东地区的区域中心等。

(7)渔业培训方案：成立于 1998 年，总部基地设在冰岛。该方案主要为世界各国的渔业技术专家提供 6 个月高级水平的渔业研究和发展的专门培训。接受

培训人员在培训期间有机会访问大量的公司和机构，接触大量实践案例。

2014 年的学员来自 15 个国家：尼日利亚，加纳，坦桑尼亚，肯尼亚，乌干达，斯里兰卡，孟加拉国，中国，越南，东帝汶，乌克兰，古巴，圣文森特和格林纳丁斯，多米尼加，牙买加。

此外，渔业培训方案也开展一些与各国政府的合作。

国际农业研究磋商组织

除了联合国的粮食及农业组织外，世界上还有不少公私机构设立的非赢利的农业研究机构和服务咨询机构，为国际间特别是发展中国家提供无偿的农业服务，包括作物、禽畜良种以及技术、设备、培训等方面的服务，为世界农业的发展做出了许多贡献。不熟悉国际农业研究领域的读者，可能都还不知道，在这个世界上，每天竟有这么多默默无闻的农学家在各自的岗位上穷思竭虑，为解决人类的食品供应问题而奉献。

创立于 1971 年的国际农业研究磋商组织，是一个战略联合体，由国家、国际及区域组织、私人基金会组成。有 64 个成员，其中包括 47 个国家（25 个工业化国家和 22 个发展中国家）、13 个国际及区域组织和 4 个私人基金会。为 15 个国际农业研究中心提供经费，与各国农业研究系统、民间机构、私人部门有合作关系。该联合体通过农业科学技术的使用减少贫困现象，为人类造福，促进农业发展，并保护环境。国际农业研究磋商组织致力于为全球创造公共福利并让所有人共享。



图 4-20　国际农业研究磋商组织会议标志［W］

国际农业研究磋商组织的使命是通过在农业、畜牧业、林业、渔业、政策及自然资源管理等领域开展科学研究以及与研究相关的活动，帮助发展中国家实现可持续粮食保障和减少贫困人口的目标。现有从国际上招聘的 1 000 多名科学家、7 000 多名技术人员和职员在 100 多个国家工作。

国际农业研究磋商组织在绿色革命事业中扮演着举世闻名的重要角色。绿色革命促进了发展中国家的农业变革、粮食产量增长、收入提高，减少了以破坏脆弱的环境（例如热带森林）为代价来扩大基本粮食生产的需要。

由国际农业研究磋商组织资助的 15 个研究中心是：

（1）非洲水稻中心（贝宁，科托努）；

（2）国际生物多样性中心（意大利，罗马，玛格利兹）；

(3)国际热带农业研究中心(哥伦比亚,卡利);

(4)国际林业研究中心(印度尼西亚,茂物);

(5)国际玉米小麦改良中心(墨西哥,特斯科科);

(6)国际马铃薯中心(秘鲁,利马);

(7)国际干旱地区农业研究中心(叙利亚,阿勒颇);

(8)国际半干旱地区热带作物研究中心(印度,安德拉邦);

(9)国际食物政策研究所(美国,华盛顿特区);

(10)国际热带农业研究所(尼日利亚,伊巴丹);

(11)国际家畜研究所(肯尼亚,内罗毕;埃塞俄比亚,亚的斯亚贝巴);

(12)国际水稻研究所(菲律宾,洛斯巴尼奥斯);

(13)国际水资源管理研究所(斯里兰卡,科伦坡);

(14)世界农用林学中心(肯尼亚,内罗毕);

(15)世界渔业中心(马来西亚,槟榔屿)。

以上 15 个专业研究机构都是国际农业研究磋商组织的下属研究单位,都是推动发展现代农学和农业咨询的重要国际组织。本书限于篇幅,仅对国际玉米小麦改良中心、国际马铃薯中心、国际食物政策研究所和国际水稻研究所等 4 个与粮食有关的研究机构的情况作一介绍,以使读者对这个大型的国际性农业科研组织有所了解。

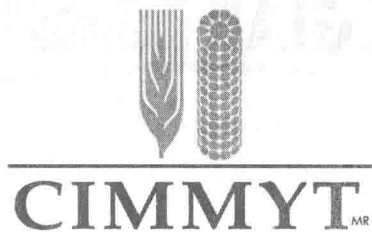


图 4-21 国际玉米小麦改良中心标志[W]

1. 国际玉米小麦改良中心

墨西哥国际玉米小麦改良中心(图 4-21)是一个非赢利性的国际科学研究与培训服务机构,其前身是创建于 1943 年的洛克菲勒基金会与墨西哥农业部合办的研究和培训机构,1966 年成为国际农业研究咨询机构所支持的 15 个国际研究中心之一。

国际玉米小麦改良中心的研究工作分为玉米和小麦两大项,包括小麦、小黑麦和大麦。该中心拥有庞大的专家队伍,目前有来自 23 个国家的高级科学家 79 名。

该中心在墨西哥设有 4 个试验站,在亚、非、拉等各大洲设有近 20 个分支机构,负责地区性的研究工作。多年来,该中心在玉米、小麦育种改良方面成绩卓著,为第三世界的粮食生产做出了显著贡献。特别是在 20 世纪 60 年代,培育出了一批春小麦优良品种,在亚洲和拉丁美洲一些国家广泛推广,使产量大幅度增加。

中国自1984年开始成为国际玉米小麦改良中心的资助国之一。中国农业科学院系统每年派6—10名专业人员前往该中心接受培训和开展合作研究。



图4-22 科研人员在进行马铃薯脱毒育苗[W]

2. 国际马铃薯研究中心

国际马铃薯研究中心(图4-22)位于秘鲁利马市东区，成立于1971年，是国际农业研究磋商组织下属的15个研究中心之一。

地处马铃薯的主要发源地秘鲁的国际马铃薯研究中心，主要任务是通过对马铃薯、甘薯和其他安第斯块根、块茎类作物的研究与开发，帮助发展中国家提高块根、块茎类作物的生产力。经过长期的科研积累，目前该中心拥有大量的马铃薯种子和基因资源库，是世界马铃薯研究的主要基地之一。近年来，该中心在收集、保存和研究马铃薯的种子资源、新品种选育、技术推广、病虫害防治、产品深加工和人员培训方面取得了成绩，为世界粮食安全做出了贡献。

中国自1978年开始与国际马铃薯研究中心合作开展马铃薯和甘薯研究，取得了显著的社会效益和经济效益。其中一个代号为“CIP—24”的马铃薯品种，其累计推广面积已超过30万公顷，经济效益超过1亿美元。还有一种脱毒甘薯的推广面积也很大，仅在中国的江苏、山东和安徽三省，农民每年就可以获得1.6亿美元以上的经济效益。

国际马铃薯研究中心在全球11个国家设有办事处，1985年在北京设立联络办事处。2010年2月4日，农业部部长韩长赋代表中国政府和国际马铃薯中心主任帕米拉·安德森女士签署了关于在北京成立“国际马铃薯中心亚太中心”的东道国协议。

3. 国际食物政策研究所

国际食物政策研究所(IFPRI，图4-23)是一个国际性的农业研究机构，是国际农业研究磋商组织的成员之一，同时也是国际农业研究咨询团的成员。食物政策研究所获得来自60多个发达国家和发展中国家、私人基金会、双边及多边援助机构的资助和支持。其研究范围广泛并围绕一个宗旨，即为消除饥饿和减少贫困寻求持久可行的方案。



图4-23 国际食物政策研究所[W]

食物政策是由不同公共实体制定的一系列影响食物生产、分配和消费的决策的总和。IFPRI 的研究人员对食物政策和其他影响农业以及粮食产出的政策进行评估，这些食物政策研究结果为政策制定者提供制定最佳政策的参考，涉及食物可获得性、销售渠道、购买能力及食物用途等多方面。

食物政策研究所的研究重点是在发展中国家和发达国家的主要利益方共同磋商后形成的。研究优先关注那些能够对穷人产生最大积极影响的紧迫的食物政策问题。通过多元化、跨学科的方法以及基于实证的研究，提出制定食物政策的相关建议，推动农业进步和科技创新。

食物政策研究所总部位于美国首都华盛顿，在非洲及亚洲地区设有三个区域办事处及多个国家项目办事处，这些办事处既方便当地利益相关者了解接触，也使得相关的项目能更好地满足各个地区和国家的需要。

食物政策研究所的主要研究成果包括出版物、数据集和各类知识产品。主要的出版物有《国际粮食政策报告》、《洞察》和《全球饥饿指数报告》等，它们为各国和国际机构制定食物政策，寻求有效的解决方案提供依据和信息。

4. 国际水稻研究所

该所位于菲律宾洛斯巴尼奥斯（图 4-24），隶属于国际农业研究磋商组织，员工来自亚洲和非洲 14 个国家。国际水稻研究所的使命是减轻人类的贫困和饥饿，提高水稻种植者和消费者的健康水平，保证水稻生产的环境可持续性发展。国际水稻研究所与大多数水稻生产和消费国、国际性、地区性和地方性组织以及各国农业科研推广系统保持紧密合作。



图 4-24　国际水稻研究所［W］

国际水稻研究所的主要宗旨是：调集各国科学家到发展中国家来帮助解决水稻生产中的问题；国际水稻研究所不仅是研究机构，也是教育培训机构；搜索和保存全世界水稻品种资源、知识和信息，并且无偿地向全世界传播。

国际水稻研究所的科研工作主要分为以下四部分：

(1)搜集、保存、管理品种资源：国际水稻研究所拥有 11 万份品种资源，包括全世界主要的野生稻种和主要农家品种。世界银行每年向国际农业研究磋商组织提供经费，资助品种资源项目。

(2)整体提升利用遗传资源的能力：生物信息学作为一门由数学、统计、计算

机与生物学交叉结合形成的新兴学科，已经成为现代农业科学发展不可缺少的重要工具。随着水稻基因组计划的快速发展，生物信息学技术在功能基因的发现与识别、基因与蛋白质的表达与功能研究方面都发挥着关键的作用。

(3)水稻品质研究：国际水稻研究所采用新的手段，重视水稻米质形成的前期过程。国际水稻研究所从澳大利亚新南澳洲聘请了一位谷物化学家，改进原有的米质实验室，淘汰旧设备，建立了新的品质研究中心，提高了米质分析效率。以前测一个垩白度指标需要用一个星期左右，现在不到一小时就能完成，而且可以一次进样十多个，达到了高通量、高精度的品质研究水平。在此基础上，国际水稻研究所还开展了环境与品质的互作研究，磨米、干燥、储藏等产后加工研究，并且在中国水稻研究所建立了一个稻米品质研究分中心。

(4)转基因研究：国际水稻研究所在转基因方面一直是从科学角度进行研究，着重研究基因的表达。具体科研流程是：取得基因、转入水稻、观察生长状况、发表文章。研究目的只是为了科学探索。国际水稻研究所在转基因方面的发展目标，一方面是与功能基因组学研究相配合，通过转化来验证突变体或已知基因的功能；另一方面是与发展中国家相配合，开展公益性的转基因产品应用研究。

2007年中华人民共和国国际科学技术合作奖被授予国际水稻研究所，在颁奖辞中特别提到：

“自1981年以来，国际水稻研究所在推动我国水稻科学研究和人才培养等方面开展了卓有成效的工作，建立了引进全球水稻品种资源的渠道，提供了大量的优质水稻品种和基因资源，促进了我国水稻新品种的培育与利用。通过人力资源培训及联合研究载体的建设，还促进了我国水稻科学研究能力建设，培养了一大批优秀的科技人才。国际水稻研究所与我国联合承担国际合作项目，在水稻科学的多个领域开展合作，并联合举办学术交流活动，扩大了中国水稻科学界的国际影响。国际技术合作取得了丰硕的成果，推动了我国水稻科学研究事业的快速发展，为我国粮食增产、农业增效与农民增收做出了重要的贡献。”

第三世界科学院

总部设在意大利里雅斯特的第三世界科学院(图4-25)是一个非政府、非政治和非营利性的国际科学组织。为促进第三世界国家科学家之间的交流与合作，由已故巴基斯坦物理学家、诺贝尔物理学奖获得者萨拉姆倡议，于1983年11月创建。



图4-25　第三世界科学院标志［W］

第三世界科学院设立了专项基金，以资助科研能力强的优秀学者和年轻科技人员开展合作研究。该院先后为100多个发展中国家的众多学者提供了资金资助，为促进发展中国家的科学研究作出了积极的贡献。我国是获资助较多的国家之一。

第三世界科学院还在发展中国家评选出10个研究单位作为“高级研究中心”，80多个研究单位作为“优秀科学中心”，为发展中国家的年轻科技人员提供科技合作、交流和培训的机会。我国有十几个科研单位被选为第三世界科学院“高级研究中心”和“优秀科学中心”。2013年1月1日，中国科学院院长白春礼院士正式就任TWAS院长。

此外，第三世界科学院还设立了第三世界科学组织网络（TWNSO）“农业奖”和“技术奖”两个国际性重要奖项。我国学者及科研单位多次获奖，为我国科技界在国际上赢得了荣誉。其中获得历年农业奖的单位和个人有：中国科学院地理科学与资源研究所（1994）、中国科学院沈阳生态研究所（1998）以及洪国藩（1996）、张福绥（2000）等。

总之，我国改革开放以来，在“和平、发展、合作”的外交方针指引下，农业对外交流与合作不断取得进展，逐步形成多渠道、多层次、全方位、宽领域的对外开放格局，“引进来”与“走出去”相结合，交流品种、技术、资金、人才与经验，扩大农产品国际贸易，既增进与密切了国际友好关系，又为加快中国现代农业建设与新农村发展，为推进世界农业进步，作出了有益贡献。

三、生物育种技术的进展

自古以来，人们就孜孜以求获得既高产又好吃的农业良种。2 000 多年前，中国的先民就给良种取了一个很雅的名字，叫“嘉种”。至于如何获得嘉种，每个时代的人都八仙过海，各显神通，积累了丰富的经验，创造了许多育种的技术和办法。

回顾 5 000 年文明史，人类使用过的育种技术有自然选择、杂交育种、诱变育种、组织器官繁殖、体细胞繁殖、细胞融合、细胞工程、基因工程等。在这个育种技术的发展序列中，有两个明显的特点：一是越往后技术变革发展的速度越快；二是越往后育种的操作对象越小。比如，最初人们是在田间地头“选拔”长得出色的植株穗子来做种子的，即自然选择的育种对象是大田；到今天，最前沿的基因育种的操作对象是细胞里的 DNA 片段（图 4-26），它的直径小于 2 纳米，要放大 5 万倍才能用肉眼看到。这么一对比，我们就能发现，人类从最初的在成熟的稻田里选种，走到在高科技装备的实验室里对 2 纳米大小的基因进行操作育种，走了 5 000 年。

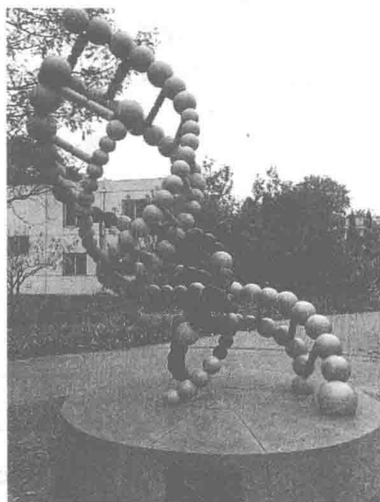


图 4-26　DNA 双螺旋结构模型，所有的生物育种都是改变这个双螺旋内部的结构或顺序［Z］

下面，我们介绍目前生物育种技术的前沿课题和进展，以使读者对这个发展最快、前景最好的科技领域有一个简单清晰的了解。

杂交育种

杂交是指同一个生物种属内的雌雄个体进行交配产生后代的生物繁衍现象。从这个定义中知道，在自然界，杂交是时时刻刻都在发生的自然现象。不同种群的牛群会发生自然杂交，不同作物的植株也会通过花粉飘落而发生杂交。所以，

生物的杂交不是人类的发明。但是，人类为什么要选择杂交这种方式来培育良种呢？

现代遗传学的研究表明，两个遗传密码不同的亲本杂交产生的杂种第一代，在生长势、生活力、繁殖力、抗逆性、产量和品质等方面，有时会比其双亲更优越，这种生物遗传现象叫做杂种优势。人们发现了杂种优势的现象以后，就将杂交作为选育良种的方法加以利用，于是就产生了“杂交育种”的技术。

每个生物个体都携带有不同的遗传基因，这些不同的基因通过种群间的雌雄个体交配产生出新的基因组合，将父母亲本所具有的各种性状融合在杂种后代之中。

我们在这里用了一个中性的词语叫“融合”，这就意味着不是所有的“杂交”都能获得我们希望的良种，因为不同类型的亲本进行杂交只是实现了基因的重新组合，而基因组合所产生的杂交后代的表现是“万向”变异的：有表现好的，有表现不好的，有的可能集中了双亲的优良性状，甚至出现超过双亲的优良性状，当然也有可能出现比双亲差的性状，甚至出现双亲都没有的劣势性状。因此，生物杂交之后还要经过漫长的选择和淘汰的过程（图 4-27）。



图 4-27 小麦杂交育种原理图示［W］

根据育种实践经验，要获得预期的良种性状，通常需要满足育种目标的许多特定的条件要求，包括：杂交组合的亲本应有较多的优良性状，比如高产、抗病、适应性强等；用于杂交的各个亲本间的优缺点要尽量互补；亲本中至少有一个是适应当地条件的优良品种，比如，新引进的外国良种最好是与当地的一个当家品种杂交，这样产生的后代就比较容易适应当地的生长环境；携带目标性状的亲本应有足够的遗传强度，这样才能在遗传后代中表现出来，比如，我们希望培育一个早熟的小麦品种，那么携带早熟基因的亲本要有很强的遗传力，杂交的后代才可能表现出早熟的性状。一般而言，在选择亲本时，要尽可能选择在生态类型、亲缘关系上差异较大，或在地理上相距较远的亲本，这样产生的杂种后代所表现出的“杂种优势”更大，更容易选出配合力较好、良性效应较好的杂交组合。

我们在前面说过，杂交的后代是“万向变异”的，所以只能在千万个后代中逐

年选择，最后才可能获得一个或几个符合育种目标的良种。这里又用了“可能”一词，表明杂交育种是否成功，带有很大的“或然性”，因此就不难理解，有的育种家兢兢业业干了一辈子却不能选育出一个良种来。总之，杂交创造的杂种后代需要经过很多年的培育选择，才可能选育出符合育种目标的新品种。

选择的方法主要有系谱法和混合法。系谱法是从杂种后代中连续多年进行个体选择，并予以编号记载直至选出性状表现比较稳定而且符合目标要求的单株或株系，按株系混合收获，进而育成品种。这种方法要求对历代材料所属杂交组合、单株、系统、系统群等均有按亲缘关系的编号和性状记录，使各代育种材料都有家谱可查，故称系谱法。混合法是从杂种第 2 代开始，每个世代都按组合取样混合种植，不予选择，直至性状已经比较稳定的世代才进行一次个体选择，进而选拔优良系统以育成品种，这个过程通常需要 5—8 年。当然，在育种实践中，人们常常在典型的系谱法和混合法之间采用一些变通的方法，以缩短育种周期，增强育种效果，例如改良系谱法、系谱一混合法、改良混合法、衍生系统法、一粒传法等。

杂交育种程序一般包括以下环节：原始材料观察、亲本杂交、杂种后代选择、区域适应性试验、产量比较试验等。杂交育种一般需 7—9 年时间才可能育成优良品种。中国内地的各个育种单位，常常利用海南省冬季温暖的气候条件，到那里进行冬繁加代种植，实现每年种植两季甚至三季，以缩短育种年限。

在杂交育种中，有一个“三系杂交”的专门技术，由于我国杂交水稻之父袁隆平用它育出了世界著名的水稻良种而广为人知。

三系杂交本质上也是杂交育种的一种，是适用于自花授粉作物的杂种一代的育种技术。在杂交育种的实践中，人们发现，像水稻这样的自花授粉作物，它们的杂种一代常常表现出许多优于双亲的性状，杂种优势非常明显，可是第二代以后就出现很大的分离现象。（附带说一句，种植袁隆平培育的杂交水稻，只能种植一季，每年都必须购买新种子，自留的种子是不能使用的）

水稻是自花授粉的，每当开花时，它已经在闭合的颖壳里完成授粉过程了。在常规的水稻杂交育种时，人们可以对几个谷粒或几个穗子作“去雄除粉”处理，但是在需要大量杂交一代作为大田种子的场合，这种方法显然不行。于是人们就想，如果有一种水稻的花粉是败育的（即花粉没有受精生育能力），这样就能进行大田水稻的异花杂交授粉，从而获得足够多的杂交一代种子了。

美国人亨利·比谢尔首先提出了“三系杂交”的基本思想和技术，因此国际学术界也称亨利·比谢尔为杂交水稻之父，并授予他 1996 年的世界粮食奖，但是亨利·比谢尔的设想和方案没有在育种实践上获得成功。后来日本人提出寻找“雄

性不育株"的设想，而且找到了野生的雄性不育株，但是仍然没有在实践上获得成功。

我国袁隆平院士带领的团队于1971年开始进行水稻三系育种的研究。所谓三系育种法，就是雄性不育系、雄性不育保持系和雄性不育恢复系的配套育种技术。首先是获得雄性不育系，就是发现和培育花粉没有受精生育能力的水稻植株；其次是获得雄性不育保持系，就是选择能够保持雄性不育特性的植株，即雄性不育系与别的水稻杂交所得的后代仍然是不育的，否则就不能每年都有足够的不育系用来育种；第三是获得雄性恢复系，就是获得能够恢复水稻自花授粉的生育能力的植株，否则就不能提供生产上使用的大量杂交种子。

袁隆平的团队经过艰辛的田间调查和试验，利用普通野生稻的雄性不育株作母本，矮秆籼稻为父本，经过连续回交和广泛测交筛选，先后选育出一批优良的恢复系，并完成了雄性不育系、保持系、恢复系的"三系"配套，配制出南优、籼优、V优等杂交组合，同时探索总结出了一整套有关杂交稻繁殖制种和杂种一代的高产栽培技术。

总之，杂交育种是目前农业生物育种中使用最广泛最普及的技术，它操作简便，不需要昂贵的试验装备条件，能够通过多次杂交把多个品种的优良性状集中到一个杂种后代中去，适用于大多数农业动植物的品种选育。但是它也有许多缺点，例如，育种周期太长，很难选育出符合全部育种目标而又稳定遗传的优良品种。此外，杂交方式不容易导入远缘生物的优良基因，遗传基因的选择范围被局限在同一个生物种属之内。比如，我们不能通过杂交的方式把玉米的抗旱基因转到水稻上，也不能把牛的抗病基因转到猪身上，等等。

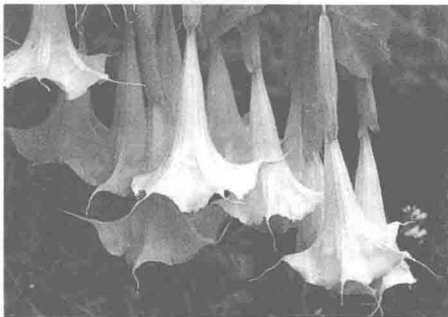
单倍体育种

生物的进化，有两个主要的特征：一是遗传，二是变异。没有遗传，就没有稳定的生物世界，就不能种瓜得瓜、种豆得豆；同样，没有变异，就不能适应亿万年的生态变化，某些生物就会被大自然所灭绝。比如，某个地方的气候慢慢地变得干旱了，原先长期在湿润环境中生长的植物就不能适应而死亡，但是这些植物中可能有个别的植株产生了变异的抗旱基因，能够抵御干旱的威胁而生长，它们的后代的存活概率就很大，于是慢慢地就出现了抗旱的种类生活在这个世界上。这就是变异的作用。前面说的杂交育种，只是人为地加快了生物的变异，并在变异的后代中选育出适合人们需要的优良品种。比如，用几个各有优缺点的苹果品种进行多次杂交，希望把它们的优良性状集中到一个植株上。首先将A与B杂交，得到AB；再将AB与C杂交，得到ABC；再将ABC与D杂交，得到ABCD。这时

候,我们在ABCD苹果的后代中不断地选择适合我们需要的苹果性状,比如果大味甜、抗病耐旱、抗寒耐热、南北能栽等。当这个集合了ABCD全部优良性状的苹果品种被选育成功之后,我们就不希望它发生变异了,或者至少要迟缓变异,于是就希望它稳定地遗传,一直保持这些优良的性状。对于像苹果这样的多年生植物,我们的老祖先已经知道采用枝条扦插或者嫁接的办法来繁殖,阻断它接受外来基因的机会,这样就能保持住植物的"种性"了。但是对于一年生的禾本科植物,比如小麦、玉米之类,就不能用扦插或嫁接的办法了,这时候如何让它保持稳定的遗传种性呢?

我们知道,生物体内的遗传物质是DNA,它有两条交织在一起的遗传密码链,叫DNA双螺旋体。这两条遗传密码链分别来自父母亲本。在生物的生殖细胞中,如卵子、精子或者胚囊中,就只有一条DNA,称为单倍体细胞。这个单条的DNA也携带了一个生物体的全部遗传密码信息,叫细胞全能性。如果有办法让这些单倍体细胞发育成新的生物个体,则它们能够完整地保持原来物种的全部性状,就跟扦插和嫁接的效果一样。于是,人们发明了一种新的育种方法,叫"单倍体育种"。

最早发现单倍体细胞的是美国人A.D.伯格纳。1964年,他在一种叫曼陀罗(图4-28)的植物中发现了单倍体植株。这之后,人们开始关注植物的单倍体现象,相继发现了一系列自发产生的单倍体。例如,油菜和亚麻的双胚苗中经常出现单倍体,可能是温度骤变或异种、异属花粉的刺激引起的;雌性细胞经花粉刺激后未受精而产生单倍体植株,如玉米品种间杂交,马铃薯、苜蓿、烟草和杨树的种间杂交等都有此现象;雌雄配子结合时没有发生核融合,没有形成完整的DNA双螺旋体,因而产生父母本遗传物质的嵌合体植株;配子细胞单独发育成植株,如精核进入卵细胞后未与卵核融合而退化,或者卵核未经受精而单独发育成单倍体,这种情况在远缘杂交中有时会出现,等等。


图4-28 曼陀罗[W]

发现了自然界中存在的植物单倍体现象后,人们开始采用人工离体诱导的办法来获得单倍体。例如,将一定发育阶段的花药、子房或幼胚,通过无菌操作接种在培养基上,使单倍体细胞分裂形成胚状体或愈伤组织,然后由胚状体发育成小苗或诱导愈伤组织发育为植株。在育种实践中,对大麦、小麦采用染色体消失法来获得大麦或小麦的单倍体植株。具体的做法是,将球茎大麦的花粉授予普通大

麦或小麦，授粉两周后将幼胚置于培养基上进行离体培养，在胚胎发育的早期球茎大麦的染色体消失，形成了单倍体植株。

获得单倍体的植株后，为了使它能够通过自然的花粉交配发育出正常的后代，还要使单倍体植株恢复成正常的二倍体，即形成完整的DNA双螺旋体。这个过程叫做“染色体加倍”，我们在下面的多倍体育种中将详细说明染色体加倍的办法。

单倍体育种有许多特别的好处。比如，单倍体植株经染色体加倍后，原来由隐性基因控制的性状因没有显性基因的掩盖而得以显现出来。比如，原来的抗旱基因是隐性的，它总是被强势的不抗旱的显性基因所掩盖，而由单倍体加倍而成的植株，这种抗旱的性状就能够显示出来了。

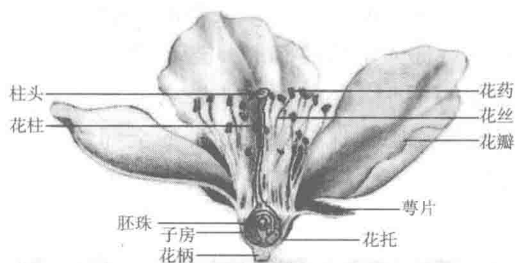


图 4-29　图上所指的花药离体培育可得到单倍体的植株［W］

中国首先应用花药（花粉）培养的单倍体育种法（图 4-29）改良作物品种，已育成了一些烟草、水稻、小麦等优良品种。单倍体育种如能进一步提高诱导频率并与杂交育种、诱变育种等相结合，在作物品种改良上的作用将更显著。

多倍体育种

多倍体是高等植物染色体进化的显著特征。自然界有30%—35%的被子植物，其中70%的禾本科植物属于多倍体，它们在植物进化中起了重要的作用。由于染色体组增加，通常多倍体植物的抗逆性优于二倍体，可以在极端不利的生态条件下生存，所以在不利于二倍体生存的区域内往往会有较多的多倍体植物分布。例如，在比较湿润的地区二倍体较多，而在干旱地区多倍体较多。

多倍体育种包括两方面，即自然多倍体的发掘与人工多倍体的诱导。一般说来，由于自然多倍体经历了很长的地质世代的选择与适应，因而生长势往往强于人工诱变的多倍体，但是自然发生出多倍体植株的几率很低，因此需要通过人工的办法来获得理想的多倍体植株。迄今为止，通过人工诱变的方法已获得了1 000多种多倍体植物，许多已广泛应用于生产，取得了巨大的成效。

人工诱变多倍体的方法有：物理诱变，如高低温处理、机械损伤、辐射诱变等；化学诱变，如使用秋水仙素、萘嵌戊烷、异生长素等诱变剂；生物学诱变，如体细胞杂交、二倍体花粉与单倍体雌配子杂交、胚乳培养以及其他组织培养，等等。体细胞杂交又称原生质体融合，这项技术的发展是建立在组织培养和原生质体培养的

基础上的。随着原生质体再生体系的建立，用体细胞杂交法培育多倍体已经比较简单可行。

多倍体植物从遗传成分来源上可以分成三大类：多倍体内的几组染色体全部来自同一物种，称为同源多倍体，如四倍体黑麦；由不同种、属间个体杂交，再经染色体加倍得到的多倍体，叫做异源多倍体，如八倍体小黑麦（图 4-30）；此外，还有区段异源多倍体，具有相当数目的同源染色体区段甚至整个染色体，但相互间又有一些不同的基因或染色体区段，如许多马铃薯栽培种就是这种类型。

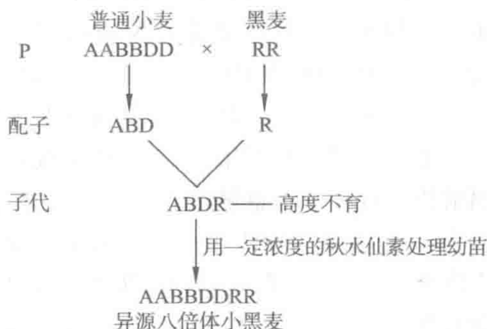


图 4-30　多倍体作物的选育原理［W］

多倍体育种具有许多好处。同源多倍体比二倍体有较多的等位基因，异源多倍体比二倍体具有更多的杂合位点和更多的互作效应，在植物的蛋白质合成、酶活性、植物代谢等方面都表现出优于二倍体的特征。多倍体植物的细胞、气孔、茎秆、叶片、花、果实均较大，生长快。食用或医药用的内含物比如脂肪、蛋白质、氨基酸、维生素等增多。多倍体生物生长旺盛，植物开花延迟，动物性成熟晚。同源多倍体由于减数分裂时染色体配对和分离紊乱，尤其是同源三倍体，因而结实率低甚至高度不育，是培育无籽水果的主要途径。另外，植物多倍体的基因活性及酶的差异性增强，从而增强了植株的生态适应力和环境抗逆性，在抗旱、抗寒及抗病虫害等方面表现出明显的优势。

自从人们发现、利用，尤其是人工创造生物多倍体以来，多倍体在农业上的应用进展很快，在植物界得到广泛应用。目前栽培的小黑麦有异源六倍体和异源八倍体两种，小黑麦由于具有抗逆性强，能适应寒冷与干旱的气候条件，抗白粉病，蛋白质、赖氨酸含量高等优良特性，在世界 50 多个国家被作为粮食、饲草作物广泛栽培。除此之外，三倍体无籽西瓜以及同源三倍体或四倍体黄瓜、南瓜、番茄、辣椒、豌豆、菠菜、芹菜、萝卜、甜菜、大白菜等也已在生产上应用。

原子能辐射诱变育种

原子能辐射诱变育种，也称核辐射育种，是原子能和平利用于农业生产后迅速发展起来的现代育种新技术。该技术的核心要素是，利用电离射线，如 X-射线、γ-射线、中子、α-射线、电子、紫外线等，照射农作物的种子、花粉、器官或植株，

使细胞里的染色体发生断裂和重新组合，然后从繁育生长的后代植株中筛选出符合育种目标的变异后代，育成新品种。

核辐射育种是人类最早开展的物理诱变育种技术之一。1927 年，美国的赫尔曼·约瑟夫·穆勒发现了 X-射线对玉米和大麦的诱变效应，开始将核辐射诱变应用于植物育种的研究。1934 年，育种专家 D. 杜勒纳用 X-射线的诱变效应成功培育出了烟草突变品种，这是世界上首例用辐射诱变技术获得突变的品种。

进入 20 世纪 50 年代后，核技术被广泛地应用到了医学、军事、工业和农业，辐射诱变育种技术也随之在植物的性状改良方面得以推广和应用。从 20 世纪 60 年代起，人们对辐射诱变的规律有了进一步的认识，促成了辐射育种技术的逐步成熟。1969 年，联合国粮农组织(FAO)与国际原子能机构(IAEA)发行了《突变育种手册》。进入 20 世纪 80 年代之后，分子生物学和分子遗传学的发展又为辐射育种注入了新的活力，辐射诱变育种与其他育种技术和生物工程技术相互渗透、交叉和结合，形成了一种综合性的育种技术。尤其是在 20 世纪 90 年代的中叶，分子标记法的诞生和应用使分子定向诱变成为可能。

我国在 20 世纪 50 年代后期开始进行植物辐射诱变育种技术研究；60 年代后期，已在农作物新品种选育上获得成功；70 年代后期开始，大批优良农作物新品种被陆续育成，并在农业生产中开始大面积推广应用。我国植物诱变育种处于世界领先水平(图 4-31)，国际原子能机构为此于 2004 年出版专辑，宣传和介绍了中国核诱变育种的成就，并于同年 10 月授权在国际上建立了首个国际合作中心。



图 4-31　我国科学家在进行离子束诱变育种 [W]

虽然我国辐射育种起步晚于国外 30 多年，但发展较快，到 2008 年，植物辐射诱变育成新品种 623 个，约占世界辐射诱变育种总数的 1/4。利用核辐射诱变技术创制出水稻白化转绿型标记基因、隐性高秆基因、高抗性淀粉、低植酸、巨胚等极为珍贵的新种质。

我国核辐射育种研究与应用取得的主要成果包括：中国农业科学院原子能利用研究所育成多抗高产小麦品种“原冬 3 号”和粮饲兼用玉米新品种“中原单 32 号”，该玉米新品种产量高、品质好、绿秆成熟，适于青贮、氨化和微生物发酵；江苏里下河地区农科所辐射诱变育成“扬麦 158 号”、“水稻扬辐籼 2 号”等 20 多个新品种，累计推广面积 2.7 亿亩，增产粮食 110 亿千克；浙江农业大学利用体细胞无

性变异与雌体诱变相结合，育成世界上首个体细胞无性系变异小麦新品种“核组8号”和“核组9号”及杂交稻新组合“汕优371”、“浙辐802”等，达到国际先进水平；20世纪70年代以来，湖南省用辐射技术育成水稻品种60个，累计推广面积约660万公顷，增产粮食约25亿千克；新疆农业科学院核技术与生物技术研究所育成小麦品种“新春2号、3号”，成为1986年以来新疆春小麦种植面积最大的栽培品种；黑龙江农业科学院育成大豆突变品种、“龙辐麦”系列专用小麦品种、辐射诱变玉米杂交种等一系列审定杂交种和试验种。

目前已有40多个国家开展辐射育种，已在90多种农作物上育成新品种数超过2 300个，其中中国最多，其次是印度、荷兰、日本和美国。这种方法与常规育种方法比较，具有提高突变率（比自然突变率高100－1 000倍）、扩大突变谱（引起作物形态结构、生理生化等方面的变异）的作用，可在较短时间内改良植物品种的个别性状，改进作物品质（如提高蛋白质含量及含油量等），改变育性，增强抗逆性等。但是，核辐射育种也有着许多缺点。例如，辐射后代的有利变异发生几率低，变异方向不可控。此外，核辐射育种的实验装备投资大，放射性材料的贮运和核废渣废料处理容易造成环境核污染或核危害，等等。

太空航天育种

太空航天育种也称为空间技术育种或太空育种，是指利用返回式航天器或高空气球等运载工具，将普通的植物种子送到太空，利用太空环境，诱使植物产生变异，然后返回地面栽培，从中选育优良的新种质、新材料，培育优良的新品种的育种新技术。

太空育种与原子能辐射诱变育种的原理大致相同，主要也是通过辐射作用诱使生物体内的遗传物质发生变化而选育出新的生物的方法。所不同的是，太空育种是利用宇宙射线来诱使生物的遗传物质发生变异。

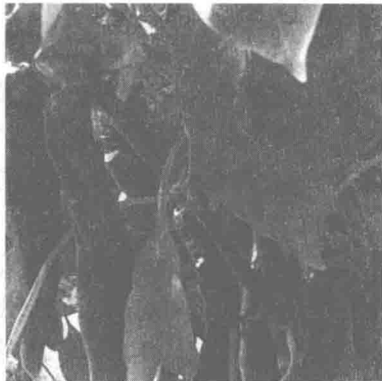
航天育种是航天技术特别是返回仓技术高度成熟的产物，是综合了宇航、遗传、辐射、育种等学科的跨学科的高新技术。太空育种在没有加入外来基因的情况下，通过生物遗传物质的内在改变，实现变异频率高、变异幅度大、有益变异多、稳定性强的基因改变，从中可能培育出高产、优质、早熟、抗病等的良种。这里又用了“可能”一词，它表明太空育种同样是不可控的万向变异，它不一定能够按照育种目标进行定向变异，因此进入太空的种子可能完全没有适合人们需要的变异后代。但是，它也可能会出现一些具有特殊性状的个体，可能成为育种的新材料，比如，个体特别大的植株，光合作用特别强的长有丝状叶片的植株，某种成分特别丰富比如特别甜但是不高产而且生长期很长的植株，都可能成为育种的新材料。

太空育种通常要经历三个阶段。首先是种子筛选阶段。带上太空的种子必须是遗传性状稳定、综合性状好的种子。其次是太空诱变阶段。把种子送入返回式卫星的返回仓，利用宇宙射线、微重力、高真空、弱地磁场等因素对植物种子进行诱变，促使种子产生各种基因变异。第三是地面选育阶段。返回地面的太空种子，其变异表现是十分随机的，是不可预见的。航天育种不是每颗种子都会发生基因诱变，其诱变率一般为百分之几甚至千分之几，有益的基因变异更少。

经过太空之旅的普通种子回到地面，需要进行播种繁育，一般从第二代开始筛选突变单株，然后将选出的种子再播种、筛选，让它们自交繁殖，如此繁育三四代后，才有可能获得遗传性状稳定的优良突变系。这当中可能会直接选育出良种，更多的情况是选育出具有某些优良性状的植株，然后用它们与原来的常规品种进行杂交，由此获得优良的杂交品种。

在 20 世纪 60 年代初，掌握返回式卫星技术的航天大国苏联和美国首先开展太空育种。到 20 世纪 80 年代中期，美国培育了太空番茄品种，被证实后代无毒，可以食用。此后，俄罗斯等国在“和平号”空间站成功种植小麦、白菜和油菜等植物。

我国作为第三个掌握返回式卫星技术的国家，在航天育种领域取得了一系列开创性的研究成果。1987 年 8 月 5 日，我国第九颗返回式科学试验卫星搭载了一批水稻和青椒等农作物种子，这是我国农作物种子的首次太空之旅。目前，我国在航天育种机理研究、地面模拟实验和新品种选育方面取得了重大进展，已有水稻、小麦、番茄、辣椒(图 4-32)和芝麻等 10 多种农作物的 50 多个优异新种质、新品系进入省级以上品种区域试验。杂交水稻新组合“特优航 1 号”实现了优质与高产的有机结合，太空 5 号小麦是第一个利用航天技术育成并通过审定的优质、高产小麦新品种，“中芝 1 号”芝麻是利用航天技术育成的集高产、高含油量、抗病、抗倒伏等多个优良性状于一体的突破性芝麻新品种。


图 4-32　从天上回来的长辣椒 [W]

细胞工程育种

细胞工程是以细胞全能性为理论基础，以组织与细胞培养为技术支持，在细胞和亚细胞水平上对生物进行遗传操作，实现品种改良和利用，或获得生物产品

的高新技术。细胞工程在生命科学、农业、医药、食品、环境保护等领域发挥着越来越重要的作用。

细胞工程借助工程学的方法或技术，在细胞水平上改造生物遗传特性和生物学特性，以获得特定的细胞、细胞产品或新生物体。广义的细胞工程包括所有的生物组织、器官及细胞离体操作和培养技术，狭义的细胞工程则是指细胞融合和细胞培养技术。细胞工程具有科学和技术双重特征，是当代生物科学前沿的一个重要学科，它包括细胞及组织的离体培养、细胞融合、细胞生物反应器、染色体转移、细胞器移植、基因转移等。

细胞工程育种是细胞生物学与遗传育种学的交叉领域，主要利用细胞生物学的原理和方法，结合工程学的技术手段，按照人们预先的设计，有计划地改变或创造生物的遗传性，育成生物新品种的育种技术。细胞工程育种可分为动物细胞工程育种和植物细胞工程育种两大类。

1. 植物细胞工程育种技术

植物细胞工程育种技术涉及植物组织、器官培养技术，细胞培养技术，原生质体融合与培养技术(图 4-33)，亚细胞水平的操作技术(细胞器移植)等。在育种实践中，可将常规植物育种技术与植物组织培养技术相结合，以获得常规技术难以或无法获得的种质材料，缩短育种周期，提高育种效率。在常规的杂交育种中，培育成一个新的品种一般需要 8—10 年，而用细胞工程技术对杂种的花药进行离体培养，可大大缩短育种周期，一般可提前 2—3 年。使用细胞工程育种技术，还有利于植物优良性状的筛选。

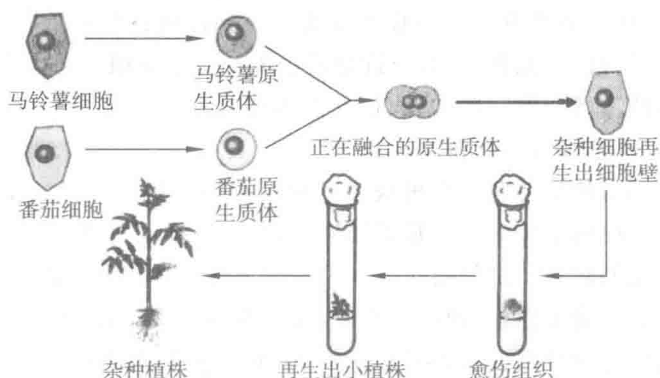


图 4-33 植物细胞杂交育种原理 [W]

2. 动物细胞工程育种技术

动物细胞工程育种技术涉及组织培养、器官培养技术，细胞融合技术，胚胎工


图 4-34　克隆羊多莉［W］

程技术(核移植、胚胎分割等),克隆技术(单细胞系克隆、器官克隆、个体克隆,图 4-34)等。细胞工程在动物育种方面的应用领域很大,是新世纪发展很快的动物育种的前沿高新技术之一。

例如,快速繁殖优良、濒危品种及新品种。20 世纪 30 年代胚胎移植在绵羊和山羊中取得成功;1982 年美国学者获得世界上第一胎试管牛。通过体外受精、细胞核移植、胚胎分割、胚胎融合等技术达到快速繁殖的目的,创造出高产奶牛、瘦肉型猪等新品种。通过胚胎工程、克隆技术等进行大熊猫、东北虎等珍稀动物的繁殖。

转基因工程育种

转基因技术就是把一个生物体的基因转移到另一个生物体 DNA 中的生物技术。转基因最初只用于研究基因的功能,即把外源基因导入受体生物的基因组内,观察生物体表现出的性状,达到揭示基因功能的目的。后来,随着基因工程技术的进步,转基因技术开始在许多领域中得到广泛应用,例如用来开发生物药物、转基因疫苗、转基因农作物等等。

转基因技术是目前人类在生命科学领域所达到的最高技术,也是 21 世纪最具发展前景的技术。但是,令人困惑不解的是,转基因技术也是有史以来最具争议的新技术,历史上从来没有一项技术发明引发如此针锋相对的争辩,引发如此褒贬各执一端的对抗。究其根源,也许是社会大众对于这项关乎人类命运前途的技术缺乏足够的了解所致。因此,我们在此需要耗费一些笔墨,稍微详细地说说转基因的内涵、外延和技术内核的实质。

转基因技术与传统的杂交育种技术有两点重要区别。一是杂交技术只能在生物的同一个种内的个体间实现基因转移,而转基因技术则可能在任何生物体之间实现遗传物质的转移。二是杂交技术实现的是整个基因组的转移,杂交后代的表现具有很大的不确定性,育种的周期长,成功表达的几率低;转基因技术所实现的是经过明确定义的基因或基因片段的转移,转移的功能明确界定,受体后代的性状表现可以准确预期。

转基因是非常复杂的一整套技术,涉及外源基因的克隆、表达载体、受体细胞以及转基因途径等。植物转基因方法可分成两大类,第一类需要通过组织培养再生植株,常用的方法有农杆菌介导转化法(图 4-35)、基因枪法;另一类不需要通过

组织培养，比较成熟的方法是中国科学家提出的花粉管通道法。动物转基因方法有核显微注射法、精子介导法、体细胞核移植法等。

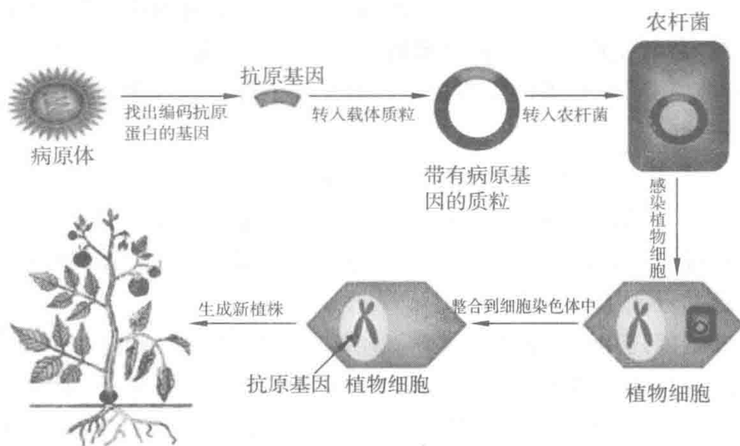


图 4-35　植物转基因育种原理示意图［W］

1. 植物转基因

植物转基因是将目标外源基因通过原生质体融合、细胞重组、遗传物质转移、染色体工程技术等导入受体植物内，使之具有某些新的遗传特性，从中培育出具有高产、优质、抗病、抗虫、抗寒、抗旱、抗涝、抗盐碱、抗除草剂等特性的作物新品种，如玉米、水稻、棉花、油菜、大豆、小麦等主要粮油作物的新品种。此外，植物转基因的应用前景还在于，对导入外源目标基因的细胞进行离体培养，可获得来自外源基因的表达产物，如人的生长激素、胰岛素、干扰素、白介素 2、表皮生长因子、乙型肝炎疫苗等，均已在转基因植物细胞中得到表达。

2. 动物转基因

动物转基因就是将目标外源基因导入受体动物的遗传组合之中，使之产生预定的目标性状的基因技术。它是按照预先的设计，通过细胞融合、细胞重组、遗传物质转移、染色体工程和基因工程技术将外源基因导入精子、卵细胞或受精卵，再借助生殖工程技术育成转基因动物。

目前，主要的目标基因包括生长素基因、多产基因、促卵素基因、高泌乳量基因、瘦肉型基因、角蛋白基因、抗寄生虫基因、抗病毒基因等，这些目标都是动物饲养生产中亟需解决的紧迫难题，而且是一般不能通过常规育种或常规管理解决的问题。随着转基因技术的发展，以上的目标基因的辨识和转移使人们能够育成生产性能好、具有抗病性的转基因牛、羊、猪、鸡、鱼等家养动物。

相对而言，转基因动物的成功表达率要远低于转基因植物，因为转基因动物

受遗传镶嵌性和杂合性的影响，有性生殖的后代变异较大，难以形成稳定遗传的转基因品系。为了解决这一问题，科学家们正在尝试将外源基因导入动物细胞的线粒体中，再将这种携带了外源基因的线粒体送入受精卵中，利用线粒体的细胞质遗传特质，使转基因动物的有性繁殖后代可能全都是转基因个体。

转基因动物同样在蛋白质药物生产中发挥了巨大的作用，这里以转基因山羊为例予以说明。

2006年6月2日，欧洲医药评审局正式批准了欧洲一家公司生产的人类抗凝血酶上市销售，这种能够预防和治疗急慢性血栓、对抗凝血酶缺失症具有显著疗效的药物提取自转基因山羊的乳汁。这标志着来自转基因动物的药用蛋白成为合法的药品进入了临床治疗。

这种转基因药用山羊的培育，需要经历一个复杂的实验过程。首先，科研人员将选定的药用蛋白基因与一个能激活该基因的DNA一起，注射到单细胞胚胎的细胞核里；然后将接受了外源基因的单细胞胚胎转入“代孕山羊”的子宫里正常发育。小山羊出生后，进行检测以证明这是一只成功的转基因山羊。小山羊发育成熟后，它分泌的乳汁里就会含有药用蛋白。最后，对蛋白质进行分离纯化，就可以得到蛋白质药物。更好的消息是，这只成熟的转基因山羊可以与非转基因山羊配种，后代同样带有药用蛋白基因。这样周而复始，可以得到很大的转基因羊群。

3.微生物转基因

微生物微生物技术的迅速发展，不仅对生命科学的理论研究产生了深刻的影响，而且已广泛应用于工农业生产和临床医学，它还有望用于治疗癌症、处理核废料等。相比于动、植物，微生物重组技术具有周期短、效果显著、控制性强的特点。

总之，作为一门新兴的实用性技术，自1996年首例转基因农作物产业化应用以来，全球转基因技术研究与产业应用快速发展。可以预见，21世纪必将是生命科学高速发展的世纪，转基因技术也必将成为更加普及、更快发展的造福人类的实用技术。

四、现代农业装备的进展

现代农业技术说到底,其实只关涉两件事,一是良种,二是良法。我们前面说了生物育种的进展,它解决了良种的问题。现在我们说说现代化的农业装备,它要解决的就是良法的问题。说白了,就是如何使用最好的办法让良种长出好成果来。这就是农业技术经济的精髓。

设施化农业

远古时候,我们祖先的第一个拓荒者垦出第一块荒地时,他就已经做出了最早的农业设施:把荒地上的丛林野草砍伐烧尽,然后播下第一把粟种。后来,为了防止野兽害稼,他在地边加了木栅;为了灌溉,他在地头挖了水池;为了方便往返管理,他在住地和田地间修了阡陌。这些“工程”都可列入农业设施的范畴之内。由此可知,设施农业并不是今天的创造,自古以来就已存在。

但是,作为农业现代化重要组成部分的设施化农业,有着特定的科学内涵。它指针对生产对象的生理、生长需要,为生产对象创造适宜的生长发育环境,实现农业生产的优质高产高效的农业工程体系和装备体系。它包括田园设施、物流设施、环境设施和技术支撑设施等。具体说来,设施化农业建设包括农田水利基础建设,农产品流通设施建设,商品粮棉生产基地建设,防护林基础建设,农业教育、科研、技术推广和气象服务设施建设等。

设施化农业是现代农业的基础保障,是推动农村经济发展、促进农业和农村现代化的重要措施之一。一个国家或地区的农业基础设施是否完善,是衡量其农业经济甚至粮食保障能否可持续发展的重要依据指标。

1. 节水农业设施

节水农业设施就是以最低限度的用水量获得最大的产量或收益的农业灌溉措施。当前世界各国节水灌溉的主要措施包括渠道防渗、低压管灌、喷灌(图

4-36)、微灌等。我国过去比较重视大中型水利工程建设，重视渠道灌溉建设和地下水抽取灌溉建设，对于节水农业设施重视不足，农业生产中水资源浪费比较严重。因此，对于我国而言，发展节水技术装备是当前设施化农业的首要任务。

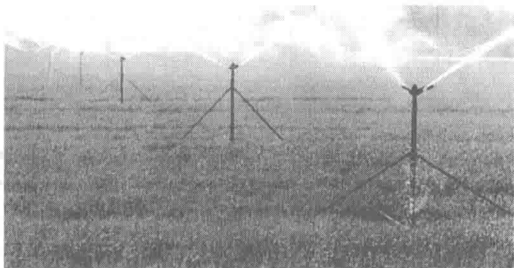


图 4-36　自动喷灌[R]

我国自古以来就是自然灾害频发的国家，各地的旱涝灾害交互发生，有时甚至比较严重，一直是我国农业发展和粮食安全的心腹大患。因此，切实加强农田水利建设，提高防灾减灾能力，是符合我国国情的设施化农业的关键问题。要在推进大中型灌区建设和配套改造的同时，重点关注田间渠系建设，打通水利灌溉中的"最后一公里"瓶颈。

此外，我国各地生态差异大，部分农村的生产、生活环境条件恶劣，要建设好小型农田水利工程，特别是以雨水集蓄利用为重点的水窖、水柜、小型池塘等山区小型抗旱水源工程。

2.田园耕地设施

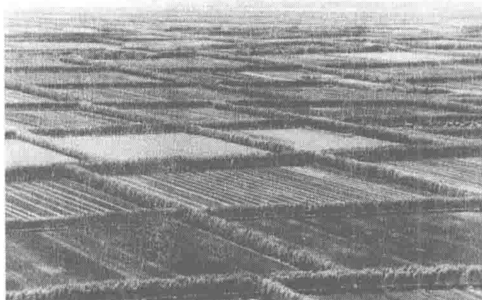
在农业设施中，田园耕地的基础设施也是现代农业生产的硬件条件之一。它包括田园的阡陌道路硬化铺设，田间的灌溉沟渠建设特别是防渗防漏建设，喷灌、滴灌的终端管线和输出端头建设，水田埂坝的水泥硬化建设，田头贮肥灌、贮肥池建设，等等。这是一个涉及千家万户、涉及广阔田园的巨大工程，也是过去重视不够、建设不足的方面。如果没有良好的田园设施，就会影响现代化的农田作业，比如各种农业机械的进入、各种节水装备的应用、精准农业的水肥管理、农产品的收获和外运，都要求具有良好的田园设施配置。

田园设施中还有一类是为了生产环节上的某种需要而设的临时性季节性设施，例如，春天为防寒保墒而铺设的地膜，冬天在地头北面竖立的风障，给果树加盖的越冬罩，给稻田挂的诱蛾灯，等等。

3.生态防护林建设

农业生态防护林是农业设施建设中的活体项目，它以生长在田园大地上的各类树木为对象(有时也包括草地)，旨在保持水土、防风固沙、涵养水源、调节气候和减少环境污染。生态防护林对于防御自然灾害、维护基础设施、保护生产、改善环境和维持生态平衡发挥着重要的作用。

农业生态防护林分为水源涵养林、水土保持林、防风固沙林、农田牧场防护林


图 4-37　中国农田防护林远眺［W］

(图 4-37)、护路林、护岸林等。在一定的自然地理区域或一个范围内,依据地形条件、土地利用状况、主要自然灾害和人类生产活动情况种植防护林,结合田边、道路、水利设施和居民点的四旁植树,与用材林、经济林、薪炭林的布局配合,共同构成农业防护林体系。防护林体系的树种组成和经营具有多层次、多形式、多目标发展的特点,可以采取农林混作、林粮间作和林牧草结合等方式,以提高防护林的建设和利用效益。

1979 年,我国在西北、华北北部和东北西部地区,建设了大型防护林工程,俗称"三北"防护林工程。营林范围包括新疆、青海、宁夏、内蒙古、甘肃中北部、陕西、晋北坝上地区和东北三省的西部共 324 个县(旗),农村人口近 5 000 万,总面积 39 亿亩。"三北"防护林工程是一项宏伟的生态建设工程,也是我国农田防护设施发展史上的一大壮举。

4. 农业物流设施建设

农业物流是指以农业生产为核心的一系列物品从供应地向接受地的实体流动,以及与之相关的技术、组织、管理活动的总和。它包括农业物资的运输、储藏、加工、装卸、包装、流通和信息处理等。农业物流分为农业供应物流、农业生产物流、农业销售物流。

农业供应物流主要是指农业生产资料的采购、运输、装卸、搬运和储存。农业生产资料包括种子(种苗、种畜、种禽)、肥料、农药、兽药、饲料、地膜、农机具以及农业生产所需的其他原料、材料、燃料等,包括电力资源和水利资源。

农业生产物流包括三个环节:一是种养物流,包括整地、播种、育苗、移栽等;二是管理物流,即农作物生长过程中的物流活动,包括除草、用药、施肥、浇水、整枝等,或动物喂养、微生物培养等所形成的物流;三是收获物流,即为了回收生产所得而形成的物流,包括农产品采收、脱粒、晾晒、整理、包装、堆放或动物捕捉等所形成的物流。

总之,农业的产前准备、产中管理、产后加工、商业流通和最终消费等五个环节,都需要有相应的基础设施,都需要建立相互协调的物流设施体系。这是市场经济条件下农业设施的重要组成部分。

5. 农村服务组织建设

农村服务组织包括农民专业合作社、农产品流通网络和农业科技推广体系等。这是现代农业设施中的软设施，或者称为制度化设施。没有一个完备的组织设施，广大农村就不能构成一个网络化的整体，广大农民就不能以组织化的整体进入市场，就不能以集团化的优势来保护自身的利益和权益。

在当前，要以农民专业合作社为依托，发展农业生产经营服务组织，为农民提供土地流转、代耕代种、水电管理和仓储运输等服务。鼓励建立便民利民的农村社区服务中心和公益服务站。

要建立健全适应现代农业发展要求的大市场、大流通。实施“万村千乡”、“双百市场”和“农产品批发市场”等基础服务工程，推进农村现代流通网络建设。

要建立通畅高速的农村信息化网络，整合资源，共建平台，推进农村信息化示范和农村商务信息服务等工程建设，为农民和企业提供及时有效的信息服务。

农业科技服务体系是发展现代农业的客观需要。要建设基层公益性农技推广机构，具备必要的办公场所、仪器设备和试验示范基地；实施农村实用人才培训工程，重点培训种养业能手、科技带头人、农村经纪人和专业合作组织领办人等，加快提高农民的素质和创业能力。

自动化农业

自动化农业是应用自动控制和电子计算机等手段进行农业生产和管理的综合技术体系，是农业现代化的重要标志之一。

农业自动化的基础是农业机械化，但是人工操作的机械化只是用机电动力代替了人力和畜力，以工作机械代替了手工工具。虽然早期的机械化代表了一个时代的进步，但是它依然需要较多的人力，而且依然需要人们亲身在田间、车间和试验地里劳动，劳动的环境依然比较艰苦。

20 世纪 70 年代以来，农业上逐渐推广应用自动控制、电子计算机、系统工程、遥感等技术，实现了部分生产作业和管理的自动化。农业自动化分为单机自动化、作业自动化、集成自动化等几个发展阶段。

1. 单机自动化

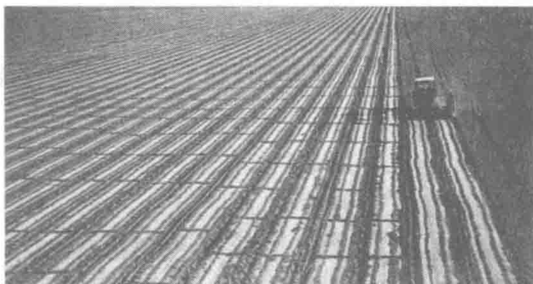
单机自动化主要是指早期发明的自走式农业机具，如无人驾驶拖拉机、自走式采摘机、遥控机等。其特点是单机作业，完成单项作业任务。如无人驾驶拖拉机能够在田间自动完成犁耕、播种、耕耘、栽培、收割和运输等作业环节。这类自动作业机依靠 GPS 卫星定位系统行走作业，耕作质量比人力驾驶的质量高得多。


图 4-38 我国生产的自走式播种机［R］

在我国北大荒的大型农场里，使用无人驾驶拖拉机进行播种（图 4-38）或插秧，1 000 米长距离的播种条幅，如果使用人工驾驶，技术熟练的机手的行距直线偏差为20 厘米左右，而无人驾驶拖拉机的行距偏差小于 0.8 厘米，从而增加了作物的行间通风透光率，对于提高产量起到了积极作用。又如，番茄自动色选采摘机能够根据事先设定的采收果实的数理参数（包括果实直径、颜色色度等），忠实地自动完成采收作业并自动装箱。这些环节中的参数把握，人工是无法在瞬间完成判断的。这些都体现了自走式农具的先进性。

2.作业自动化

作业自动化是由电气控制的一组机械自动完成相对复杂的作业。例如，稻田灌溉的自动化装置由稻田水位传感探头、水渠闸门（或井灌机）接收器、闸门开启机等组成。当水位探头发出缺水信号时，闸门接收器自动发出指令开启进水开关；当田中水位达到额定值后，水位探头发出关闭指令，渠道口关闭。这个装置同样适用于喷灌、滴灌（图 4-39）等自动灌溉系统。还有一种稻田水温自动控制系统。在我国北方稻作区，春季或秋季的水稻生长时节常常会遇到稻田水温过低的情况。当地农场加装的自动温控系统较好地解决了这个问题，它由埋在田水中的温控探头、自启式电动抽水机组成。当探头监测到水温低于设定值时，即发出指令开启田头的小型抽水机，把田水抽到田边的晒水槽渠中，让其在晒水槽渠中缓慢流动，让日光晒暖升温，当温度回升到额定值时，温控探头发出指令开启渠道闸门，田水回灌稻田。类似的作业自动化装置被大量用于畜禽饲养管理、温室栽培管理、仓储管理等场合，不仅代替了大量人力，减轻了工作人员日常的大田巡查的劳苦，而且作业质量远远高于人工操作。


图 4-39 膜下滴灌［W］

3.集成自动化

集成自动化是应用电子计算机数据库的参数集成系统，根据种植或养殖的环

境参数变化，系统自动制定最佳方案并加以实施。例如，可以对农场、温室(图4-40)、养殖场、加工车间等农业生产场所进行自动化管理。对农场，可以选择适宜种植的作物品种、最佳施肥时间和数量，预报病虫害的发生时间和程度，提供应该使用的药剂、药量和防治时间等。

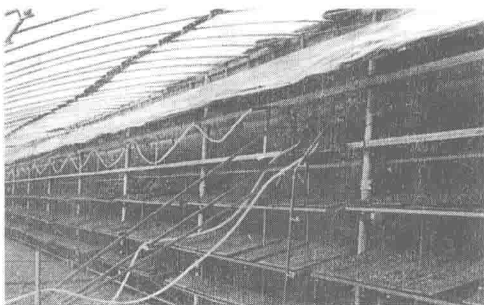


图 4-40　自动化温室［R］

集成自动化系统同样适用于各种规模化饲养的畜禽场，该系统能按预设的作业规程对畜禽定时定量喂料和进行日常的管理。例如，对养鸡场的喂食、喂水、照明、温湿度调控、取蛋装箱、清粪消毒等进行自动控制，既可节省大量的劳动力，提高鸡的产蛋率，又可做到精准作业，确保畜禽健康、环境清洁。此外，系统还可采集记录畜禽的有关数据，为科学饲养管理提供技术数据。

工厂化农业

工厂化农业是指在固定的可控环境下，采用现代工业的生产方式进行农业生产养殖的新型农业技术。工厂化的农业生产具有严格的生产标准、生产工艺、生产车间，而且是全年不间断生产，生产出来的产品与工业产品一样具有品牌、商标、标准、包装。

工厂化农业不同于一般的保护地栽培、设施园艺、设施农业。保护地栽培既包括温室等大型封闭式设施，也包括地膜覆盖、风障、阳畦等简易设施；设施园艺是在各种设施内的园艺作物生产；设施农业是在设施内进行种植业和养殖业生产。工厂化农业则是将现代生物技术、信息技术、环境控制技术、经营管理技术等综合集成于农业生产上的现代生产方式。

目前，工厂化农业已成为世界各国农业发展的重要标志，全世界工厂化农业面积已达 60 余万公顷，荷兰、日本、以色列等国的工厂化农业的设施设备标准化程度、种苗技术及规范化栽培技术、植物保护及采后加工商品化技术、新型覆盖材料开发与应用技术、农业工厂内综合环境调控及农业机械化技术等居世界领先地位。我国的工厂化农业水平也有了很大的提高，在某些方面甚至达到了世界领先水平。

工厂化农业是高投入高产出的高效农业，是资源高效利用的农业，也是劳动密集型的产业。在我国的国情条件下，通过工厂化农业的实施，可以提高农村劳动者的科技文化水平，提高劳动生产率，从而为解决“三农”问题提供切实可行的途径。

工厂化农业能够实现农业的全天候生产，不受季节气候和耕地环境、土壤质量的影响，可以在盐碱地、沙漠及滩涂、海岛等不适合传统农业生产的地方设厂生产，既扩大了农业生产的面积，又可在不宜农的条件下进行农业生产。可以通过工厂化农业的方式实现就地生产、就近供应，向边疆军营、灾后恢复地区以及沙漠、海岛居民提供鲜活农产品，解决这类特定地区和人员的食品供应难题。

工厂化农业是一个庞大的系统工程，涉及的技术领域很多，特别是工厂生产环境的自动控制系统、耐低温弱光的温室专用品种、工厂化生产的技术规范和标准、各种生产对象的专家管理系统、工厂化生产的专门设备和新型覆盖材料等，还需要进一步完善和发展。

当前我国工厂化农业主要生产具有较强市场竞争力的食用菌，蔬菜、果品、畜产品、水产品、花卉、药用植物等也有快速发展之势。由于工厂化农业在人工调控的环境中生产，农产品生产容易实现集团化、标准化、专业化、无害化、定时化，能够满足国内外市场的定单农业要求。从发展趋势上看，今后一段时间内，我国的工厂化农业的发展速度将高于欧美和亚洲其他国家，我国工厂化农业的专业化分工、社会化服务、市场化经营和科技化支撑的整体水平也将随之提升。

工厂化食用菌生产是西方先进国家最早开展工厂化生产的农业行业，迄今已经有超过 60 年的历史，目前已经形成具有稳定的专业化分工、自动化作业和智能化控制的高度发达的蘑菇工业。

食用菌生产本身涉及农业科学领域的许多学科，如微生物学、遗传学、生态学、栽培学、气象学等；食用菌工厂化生产在此基础上还涉及制冷、机械、建筑、保温等工业技术。

食用菌工厂化栽培（图 4-41）实现了封闭式、设施化、机械化、标准化，做到了周年栽培，连续产出。按照菇类生长需要设计的封闭式厂房，利用温控、湿控、风控、光控设备创造人工环境；利用机械设备自动化（或半自动化）操作；在单位空间内实行立体化、规模化、周年化栽培，产品达到安全、绿色、有机的食品标准。


图 4-41　食用菌工厂化栽培 [Z]

当前国内外用于工厂化生产的食用菌品种主要有双孢蘑菇、金针菇、真姬菇、杏鲍菇、白灵菇、草菇等，其中双孢蘑菇实行工厂化生产的历史最长、工艺技术最成熟。

从欧美国家的工厂化农业发展的历程看，体系化的专业分工是实现工厂化农业生产的基础和前提。例如，围绕工厂化食用菌生产形成了一系列的相互关联的企业群，有菌种供应企业、培养料发酵企业、覆土加工企业、专业化堆肥企业，等等，最后才由菇场公司播种出菇，并将产品投向市场。在生产的各个环节形成了互相联系而又各自独立的专业化企业群。这种经验值得我们加以研究和借鉴。

工厂化农业具有如下的优势：

(1)生产稳定。工厂化农业是在人工调控的生长环境中进行养殖和种植生产，容易做到产品连续生产、周年供应，克服了传统农业的气候环境依赖性，改变了露地农业"靠天吃饭"的局面。

(2)生产规模大。工厂化农业是技术、装备密集型产业，资源利用率高，便于大规模生产。前面说到的工厂化食用菌生产，3 000 平方米的生产车间，立体栽培 10 层，日产鲜菇可达十余吨至几十吨。工厂化养殖的禽畜企业(图 4-42)，单位空间的产出量也高于常规养殖的数十倍。



图 4-42 工厂化养鸡 [R]

(3)生产效率高。工厂化生产过程大多实现了机械化、自动化，生长环境由控制系统自动调节，相对手工操作节约大量的劳动力。

(4)产品质量好。工厂化生产为动、植物生长创造了适宜的环境条件，其生产条件受到严格的科学的控制，能够达到绿色安全的质量标准。

(5)企业管理先进。工厂化农业是按照现代企业制度建立的农业企业，能够采用先进的管理模式组织生产，实现高效有序的经营管理。

(6)有利于培育知名品牌。工厂化生产的农产品与工业产品一样具有品牌、商标、标准、包装，而且容易做到产品的标准化、专业化、无害化、定时化，有利于形成知名品牌，有利于占领国内外高端市场。

总之，从国内外的工厂化农业的实践中，我们可以看到工厂化农业具有广阔的发展前景，具有旺盛的生命力，具有强大的市场竞争力，必将成为未来农业尤其是高附加值的精品农业的主要生产方式。

智能化农业

智能化农业就是集成应用计算机与网络技术、物联网技术、音视频技术、3S

(遥感、地理信息系统、全球定位系统)技术、无线通信技术以及农业专家系统，实现农业生产、贮运、仓储等过程的智能化诊断、决策、控制、灾变预警等功能的高科技农业生产方式。智能化农业包括智能化控制系统、农业专家系统、决策信息系统、智能化作业机械等。

智能化农业与自动化、工厂化农业的最大区别在于，后者只能被动执行命令或者只能按照预设的程序操作，而智能化农业则具有了人类的部分推理思维能力，能够将复杂数据抽象成为科学正确的决策方案并自动指令关联机械系统操作实施。而且智能化农业系统的应用对象可以是无限大的时空范围，比如全球粮食作物生长的实时监测和预警，它远远超越了工厂化农业局限于一个固定的厂房设施内、自动化农业局限于固定的自动化装置的限制。智能农业系统拥有能高速运算的数据处理系统，因此在某些超大空间环境(比如大地震灾区、流域性水灾)和超大数据(比如全国土壤普查数据、全球性异常天气变化数据)运算等场合，智能化农业系统具有比人类更强的运算抽象和提供决策的能力。

总之，智能化农业是农业生产的高级阶段，它集新兴的互联网、移动互联网、云计算和物联网技术为一体，依托部署在农业生产现场的各种传感节点(能感知环境温湿度、土壤水分、二氧化碳、图像等)和无线通信网络，实现对各类农业环境的智能感知、智能预警、智能决策、智能分析以及专家在线指导。农业智能化在国外发达国家已经相当普及，并达到了相当高的水准，我国则处于起步的阶段。

农业专家系统是智能化农业的核心，是提供各种农业问题决策咨询服务的实用软件系统。农业专家系统不仅可以保存、传播各类农业信息和农业知识，而且能把分散的、局部的、单项的农业技术综合集成起来，经过智能化的信息处理，自动针对不同的土壤和气候、作物生理特性、生长特性等环境条件，给出智能化综合解决方案，为农业生产全过程提供高水平的服务。

装配了智能化农业系统的温室(图4-43)，就具备了智能化自动决策并实施的功能，相当于温室里有一批各专业的高级农艺师在岗工作。该系统能根据实时采集到的室内温度、土壤温度、露点温度、CO_2 浓度、空气湿度、叶面湿度以及光照等环境参数，自动开启或者关闭相关设备。



图 4-43　智能化农业工厂 [W]

精准农业

精准农业是以信息技术为支撑，根据空间变异，定位、定时、定量地实施一整套现代化农事操作与管理的系统，是信息技术与农业生产全面结合的一种新型农业。精准农业是近年出现的专门用于大田作物种植的综合集成的高科技农业应用系统。

精准农业的技术原理是，根据土壤肥力和作物生长状况的空间差异，调节对作物的投入，在对耕地和作物长势进行定量的实时诊断并充分了解大田生产力的空间变异的基础上，以平衡地力、提高产量为目标，实施定位、定量的精准田间管理，实现高效利用各类农业资源和改善环境这一可持续发展目标。实施精准农业不但可以最大限度地提高农业生产力，而且能够实现优质、高产、低耗和环保的农业可持续发展的目标。

目前，我国在北京市昌平区小汤山现代科技示范园内设立了"精准农业示范工程项目"（图 4-44），率先开展了试验和探索。精准农业涉及大量的外围高科技设备，如全球定位系统、地理信息系统、遥感监测系统、互联网和物联网系统等，这些都需要大量资金投入，并需要多部门、多领域的协同配合，目前精准农业生产的投入产出比还远远低于市场回报率。因此，该项技术尚未在生产实际中得到推广，即使在发达国家，也只是作为未来的潜在的技术储备进行研究和试验。

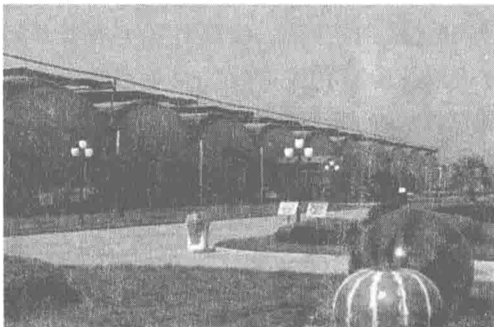


图 4-44　设在北京郊区的精准农业示范园区［W］

五、农业：五条大路通未来



我们的《大众农学史》写到这里，应该收起刻刀了（古时的史书大多刻在竹简上），因为历史学只讲过去，只讲到“当下”，明天则属于未来学的领地了。不过中国的历史学家自古就比较自负，造了个口气很大的词叫“鉴往知来”，似乎懂得点历史，多少也应该知道点未来。

然而，当下的科技发展实在太快，即便是学富五车的未来学家，想必心里对未来也没多少底。说大了，会被讥为“海侃胡吹”；说小了，又会被诟为“蜉蝣不知朝夕”。总之，对未来的预测预言，能说对的很少，对农业发展的预测当也如此。

有主无人的农业

这个标题有点费解。其实就是，从农业的生产方式上说，未来的农业生产包括所有的种植业、养殖业、水产业、加工配送业等等，都将是完全没有自然人在现场工作的产业；但是这些农场、养殖场、养鱼场、牛奶加工厂等又都是有主人的，它的所有权是属于法定主人的。我们前面说了许多自动化、工厂化、智能化的农业技术，它们再向前走一步，那是什么场面呢？我们大胆造了一个新词，叫“无人化农业”。这种生产方式不但完全有可能实现，而且离我们今天肯定不远。

这种农业方式如何运作呢？说来不复杂，因为大部分的技术和装备已经发明出来了，现在只差最后的集成和组合，当然还有一些技术等待发明出来。其实，目前已有的智能农业和精准农业，大多数场合已经无人化了，只要攻克了现在还必须有人处理的少数环节，就能做到完全无人化。比如，良种的研发，现在的机器人还不能代替农业科学家，如果能到这一步，袁隆平院士就可以安心去打桥牌了。只要对遗传密码的认识再前进一步，具有思维和逻辑判断能力的机器人就能帮助我们选育出需要的良种来。再一个问题，就是机器人的研发和维护。当我们把所有的农业生产环节都交给机器人时，就有一个现实的问题需要解决：如果在岗值班的机器人出现了故障，谁来现场医治这台机器人？这时如果还需要专家到现场解决，那么你就得安排专家值班。解决的办法是训练机器人自己当医生，也就是

机器人需要具有自我修复以及相互修复的功能。当然，还有其他类似的技术需要发明。但是，请相信终究都会有人给弄出来。这时，我们就看到了如下的农业场景：

布谷鸟欢乐鸣叫寻找配偶的春天来了，库房里的机器人开始忙碌起来。它指令50台自走式拖拉机同时出发，各自前往指定编号的地块，开始按照设定程序进行犁地整地作业，以便后续播种。没过几天，埋在地里的传感器传来适播信号，所有的气候、温度、土壤水分以及未来10天内的天气预报等数据都符合专家系统的决策条件，于是中控机器人下令库房机器人调出指定品种的种子，并送到播种机的贮种箱里。播种机发出请求启动的信号。中控机器人下达指令，于是50台大型自走式播种机有序离开车库，各自进入自己的工作场地，精准播下种子。播种精度令人无法企及：每平方米都按不同的参数播下不同的种子粒数；每粒种子的播入深度都按它的着地点的物理参数确定，相差按毫米计算；每粒种子的胚芽朝向都完全一致，为的是将来的植株叶片不产生交叉遮挡，保证"阳光之下叶叶平等"。以后的田间作业、灌溉、施肥，也都这样高标准地完成了。只是有一天，负责灌溉的机器人出了点毛病，灌溉传感器的信号没有收到反馈。于是，传感器主动报案，中控机器人立即派出维修机器人把它整好，水泵开始正常工作。秋收结束，正在美国讲演中国功夫的农场主接到中控机器人的报告，今年的收成比去年增加了5%，已经按预定的订单，分别将谷物送往相关的物流公司（当然那边也是机器人在干活），又分别被送到世界各地的客户库房里。整个一年的农活，就没有出现过一个人，爽吧？

上天入地的农业

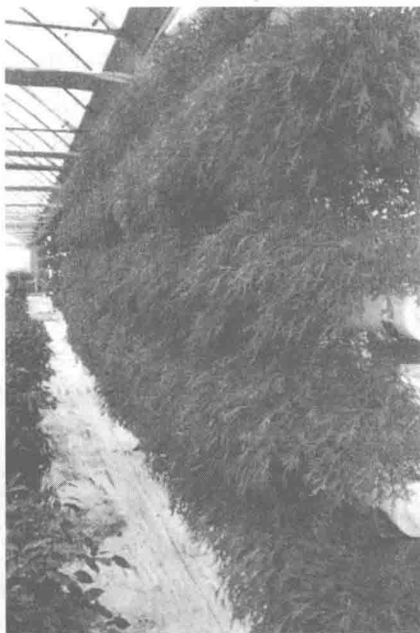
农业生产总得有个地方。中国从三皇五帝直到近现代，一讲到发展农业，首先想到的就是开荒，笃信"多种一亩地，多收一亩粮"是硬道理（图4-45）。但是荒地总有个限数，总会有垦完的时候。更何况，开荒过了头会造成生态破坏，导致沙



图4-45　梯田［R］

漠化、盐碱化、水土流失、水旱灾害增多等。这个道理今天的人们已经比老祖宗明白多了，因此未来的人肯定不会再干这种蠢事傻事了。那么，上哪儿找地呢？上天入地。

上天的空间太广阔了。我们在农业科技展示园里都看到过立体种植(图 4-46)，那里有一种立体栽培柱、立体栽培墙，一层层地种到一两米高。我们说的上天种地，原理大致与此类似。之所以说类似，表明不完全一样。这种柱子种植一点香葱、薄荷什么的，还能对付，要真让其供应北京市 80 万学生的午餐，肯定不行。所以上天种地，要有专门的高科技设施。


图 4-46 立体种植［S］

比如，兴建功能齐全的种植大厦。可以建高 100 层的种植塔，智能化种植，周年生产，连续供应。一个城市有十到二十座这样的种植塔，蔬菜副食供应应该就没问题了。这种塔有许多好处，比如就地就近供应，减少了车马物流费用；就地取用城市“中水”(再生水)，减少了污水处理费用；作物吸收二氧化碳，放出氧气，洁净了城市空气；兼作空中花园，便于市民观赏。将来的人们，肯定会这么干。

再说入地，这也是靠谱的，而且已经有些先行先试的人尝到甜头了。比如，有人将冷战时代留下的废弃“防空洞”改造成蘑菇种植工厂，效果非常好，还有人利用山区的天然溶洞养殖不喜阳光的娃娃鱼。现代科技能够造出满足动、植物生长需要的地下人造太阳，也可以培育出具有阴生特征的动、植物品种。总之，地下肯定也是未来农业的选址之一，那里有许多明显的好处：地下恒温恒湿，环境控制费用低；地下隔离性好，不易传染动、植物的病虫害；地下设施隐蔽性好，不影响破坏城市景观；凡有人居住的地方都会有地下；农业工厂的选址比较容易，等等。

写到这儿，忽然想起大海，那里肯定也是生产食品的辽阔空间，只是笔者缺少这方面的知识，只好阙如。

休闲观赏的农业

前面讲的“有主无人的农业”和“上天入地的农业”如果发展起来，就可以保证

中国人吃饱吃好。我们有个美国的农业经济学同行，早些年写了一篇《谁来养活中国人》的文章，闹得满世界沸沸扬扬。说起来，只怪这位大师少了点发展经济学的思维，少了点未来学的思考，脑筋稍微有点固化。你不能光扳着指头计算：中国18亿亩地，亩产420千克，峰值人口16.5亿，人均年口粮180千克，外加工业粮、饲料粮、种子粮、备荒粮、备战粮、自然损耗、国际人道主义援助，耕地中还要扣除经济作物用地和每年的建设用地，这样怎么算也有个大窟窿。可是我们一上天二人地，就解决了大半，他没有算上；我们袁隆平院士做到了亩产1 076千克，他也没算上；再给袁先生和他的团队一些时间，等他们把玉米或者甘蔗的C_4光合酶基因转到水稻上，升到亩产2 000千克都不算稀奇。这么一说，将来真不必用那么多地去种粮食了，剩下的地干嘛呢？休闲观赏，这就有了"休闲观赏的农业"。

目前，几乎每个城市的郊区都有几个有点名气、有点人气的农业示范园、农业观光园。未来的农业观光则会成为很重要的文化产业，不会像现在这样只是搞几个小景点，而且会设计得更加人性化，更加符合城市居民的消费习惯。随着城市化、城镇化的发展，离开土地的人们会更加恋旧，怀念过去的田园牧歌式的生活（图4-47）。周末闲暇时，邀集一群亲朋好友到乡下去，将成为新时尚。还有，随着自动化、智能化技术的发展，用人干活值班的场合会越来越少。总有一天，每周只上三四天班、每天只需当班4小时将成为现实，政府将鼓励市民旅游消费，到时候休闲农业自然就成了支柱产业。

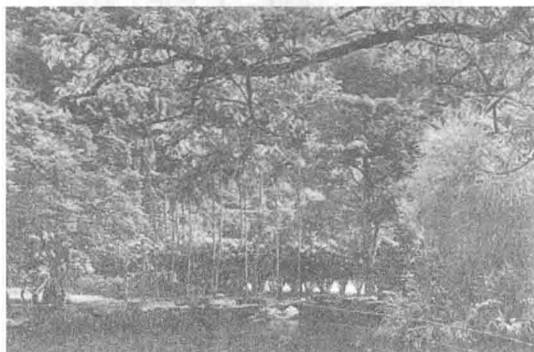


图4-47　回归自然，回归乡村［Z］

自种自食的农业

我们已经知道，未来的人们很悠闲，因为事情大多都交给机器人了。闲着的时间长了，也会闲得慌，总得找个事来消消闲才好。估计未来的某一个时期，全世界的城乡都将兴起一种新的农业样式，姑且称之为外墙菜园或者阳台菜园。

说到这里，可能有读者会忍不住大声说，这一点也不新奇，他家邻居大妈在阳台种菜多年了。读者先别急，这位大妈干的还真不是我们要说的外墙菜园或阳台菜园，我们说的是一种农业方式。什么叫"业"？业是能满足社会经济和生产生活某种需要的经济活动。大妈只种了几棵香菜、大蒜、朝天椒，还不是满足生活需要的"产业"，只是一种业余爱好。

我们设想中的外墙壁挂式菜园(图4-48)属于一个复杂的高科技产业链,只有满足了链条的全部条件之后,这个产业才能出现和兴旺。首先是专用的品种。适合离地环境的品种与常规的地面栽培品种是完全不同的,这些品种需要有较强的对温、湿度变化的抗逆性,还要抗病、抗虫,否则会弄得满城尽是小飞虫。二是要有经过安全检测的外墙壁挂设备。因为挂在外墙,安全特别重要,需要专业机构来研发。当然,这种设备一定能够生产出来,它的安装难度不会比室外广告牌的安装难度大。三是要有吸水率达到自身体积几百倍而且易降解、无污染的强力吸水剂和缓慢分解的颗粒有机肥料,否则一经风吹,栽培钵立马干掉,需要时常灌水就不行。四是最难的,就是外墙菜园的采摘技术。菜园挂在18层楼的外墙,谁敢出去采摘呢?一不小心发生伤亡事故,谁当市长都坐不住,肯定会下令拆了。因此,这些菜园不能由人去采摘,一定要用能够飞檐走壁的家用机器人采摘。这是最重要的前提条件。


图4-48　外墙种植畅想图[W]

将来,差不多每个家庭都会有一两台家务机器人,普及程度跟今天的手机、洗衣机相当。这里面会有一种叫“蜜蜂”的专用机器人,是进行外墙采摘和清洗外窗玻璃的,作业时它配戴安全索,即使断电了也不会掉下去。它自重两千克,负重也是两千克,一次大致能把一家人一天食用的生鲜蔬菜摘回来,同时又能把新的菜种播到采过的钵盆里去,30天后新一茬菜又长成了。这样每天轮着摘,轮着种,一家人的吃菜问题就基本解决了。

量身定制的农业

这最后的一条路最长,何时走到,我们还真的不知道。传统时代,我们常说“一样米养百样人”,它的本意是说不管好人坏人、小人大人都是要吃饭的。但是未来的农业,会变成“百样米养百样人”,理论依据是每个人对食物营养的需要是不一样的,所以要因人而异,因人制宜。

世界上还没有发现完全一样的两个人,即使是同卵双胞胎、多胞胎,他们的基

因图谱也不完全重合。一个明显的表现就是，他们的指纹不一样。所以有的国家入境签证需要留指纹，就是这个道理。如果双胞胎们的指纹一样，留指纹的做法就有法律漏洞了。因此，未来的人们，特别讲究个体健康长寿的人们，都会希望知道，针对自己的基因组成，吃什么最适宜，吃多少最有益健康。而那时的生命科学、农业育种学完全能够做到因人而异地培育个性化的食物品种。

所以，未来，很久以后的未来，一部分比较富有的人，比较讲究的人，或者身体需要特别的配餐食疗的人，他们的需要会催生一个新的农业产业，通俗点说就叫“量身定制的农业”。它的生产流程是这样的：

首先，健康营养师给客户提供非常科学而且非常量化的食物营养清单。这份冗长的清单里的检测项目远远多于今天的健康体检表。而且有趣的是，它也跟体检表一样，几乎每人的数据都不一样。

然后，客户将这份营养清单交给育种农艺师。农艺师根据营养数据表制作出针对这个客户的食用动、植物的育种基因图。

接着，这份育种基因图被分别送到相关的育种场，培育出相应的品种（只符合这个客户需要的专一品种），并送到智能化工厂分别种植和饲养。

最后，这些工厂按照营养师列出的送餐日期表，每天定时按要求将当天的食材组合送达客户住处。

这就是个性化的量身定制的农业。

参考文献

1　中国农业百科全书编委会编. 中国农业百科全书·农业历史卷. 北京：农业出版社，1995.
2　游修龄主编. 中国农业通史·原始社会卷. 北京：中国农业出版社，2008.
3　陈文华著. 中国农业通史·夏商西周春秋卷. 北京：中国农业出版社，2008.
4　张波，樊志民主编. 中国农业通史·战国秦汉卷. 北京：中国农业出版社，2008.
5　梁家勉主编. 中国农业科技史稿. 北京：农业出版社，1989.
6　唐珂主编. 土地之光——中华农业文明拾英. 北京：中国时代经济出版社，2011.
7　邹德秀主编. 世界农业科学技术史. 北京：中国农业出版社，1995.
8　朱兵编. 20世纪农业科学大事记. 北京：中国农业科学技术出版社，2011.
9　吴国盛著. 科学的历程. 长沙：湖南科学技术出版社，2013.
10　[英]詹姆斯著. 古罗马. 史青玲译. 北京：电子工业出版社，2009.
11　[美]布朗主编. 苏美尔：伊甸园的城市. 王淑芳译. 南宁：广西人民出版社，2002.
12　《图说天下·世界历史系列》编委会编. 古希腊. 长春：吉林出版集团有限责任公司，2008.
13　杨建华著. 两河流域：从农业村落走向城邦国家. 北京：科学出版社，2014.
14　何炳松著. 世界简史. 北京：中国工人出版社，2012.
15　晏绍祥著. 世界上古史. 北京：中国人民大学出版社，2011.
16　周启迪主编. 世界上古史. 北京：北京师范大学出版社，2009.
17　孔祥民主编. 世界中古史. 北京：北京师范大学出版社，2013.
18　刘宗绪主编. 世界近代史. 北京：北京师范大学出版社，2004.
19　张建华主编. 世界现代史. 北京：北京师范大学出版社，2008.
20　[美]斯特恩斯，等著. 全球文明史. 赵轶峰，王晋新，周巩固，等译. 北京：中华书局，2006.
21　董炳友编. 作物育种技术. 北京：化学工业出版社，2012.
22　胡才珍著. 20世纪科技革命与世界历史进程. 北京：中国青年出版社，1999.
23　王双喜主编. 设施农业装备. 北京：中国农业大学出版社，2010.

插图引用书目



A [苏]马吉多维奇著. 世界探险史. 屈瑞译. 海口:海南出版社,2006.
B [英]詹姆斯著. 古罗马. 史青玲译. 北京:电子工业出版社,2009.
C [美]哈里斯,等著. 图说世界探险史. 张帆译. 济南:山东画报出版社,2006.
D [英]贡布里希著. 写给大家的简明世界史. 张荣昌译. 桂林:广西师范大学出版社,2009.
E [美]布朗主编. 苏美尔:伊甸园的城市. 王淑芳译. 南宁:广西人民出版社,2002.
F 吴国盛著. 科学的历程. 长沙:湖南科学技术出版社,2013.
G 《图说天下·世界历史系列》编委会编. 古希腊. 长春:吉林出版集团有限责任公司,2008.
H 杨建华著. 两河流域:从农业村落走向城邦国家. 北京:科学出版社,2014.
I 赵树贤著. 巴比伦:沉睡文明的梦与醒. 北京:世界知识出版社,2003.
J 时代生活出版公司编. 英雄的胜利——希腊罗马神话. 王宝泉译. 北京:中国青年出版社,2003.
K 马思存主编. 世界历史图鉴. 北京:外文出版社,2006.
L 翟文明编著. 话说世界·失落的文明. 北京:北京联合出版社,2012.
M 何炳松著. 世界简史. 北京:中国工人出版社,2012.
N [美]斯特恩斯,等著. 全球文明史. 赵轶峰,王晋新,周巩固,等译. 北京:中华书局,2006.
O [英]威尔士著. 世界史纲. 徐建萍,朱凤余译. 西安:陕西师范大学出版社,2005.
P 北京大陆桥文化传媒编译. 历史上的大征服. 北京:中国发展出版社,2007.
Q 中国农业百科全书编委会编. 中国农业百科全书·农业历史卷. 北京:农业出版社,1995.
R 唐珂主编. 农桑之光——中华农业文明拾英. 北京:中国时代经济出版社,2011.
S 唐珂主编. 土地之魂——中华农业文化揽胜. 北京:中国时代经济出版社,2011.
T 宋树友主编. 中华农器图谱(上、中、下). 北京:中国农业出版社,2001.
U 晏绍祥著. 世界上古史. 北京:中国人民大学出版社,2011.
W 选自网络各相关网站网页的图片. 恕不能一一注明,谨致诚挚感谢.
Z 作者自摄的图片.

[General Information]
书名=大众农学史
作者=曹幸穗，柏芸，张苏等著
页数=230
SS号=13871711
DX号=
出版日期=2015.06
出版社=山东科学技术出版社

封面
书名
版权
前言
目录
序篇　原始农业
　一、农业起源与原生文明
　　人类的“童年”
　　农业起源
　　栽培作物的起源
　　畜禽饲养的起源
　　最早的农耕区域
　　世界古代农业的传播路线
　二、原始农具与工具
　　砍伐农具
　　播种农具
　　翻地农具
　　碎土和中耕农具
　　收割农具
　　粮食加工工具
　　贮藏器具和设施
　　提水工具
　　纺织工具
　　渔猎工具
　　复合工具
　三、原始农学的萌芽
　　物候学知识
　　天象学知识
　　生物学知识
上篇　古代农业
　一、世界上古的农业文明
　　古巴比伦农业
　　古埃及农业
　　波斯帝国农业

古希腊农业
古罗马农业
古印度农业
世界其他地区的早期农业
上古农牧文明的冲突与融合
游牧民族入主中原与五胡乱华
西罗马的灭亡

二、世界中古的农业文明

西欧中古农业
东欧中古农业
东亚中古农业
南亚次大陆中古农业
阿拉伯帝国中古农业
中古时期的世界格局

三、中国古代农业

农耕区域的形成与变迁
作物构成的变化
土地利用方式的变化
土地制度的变革
农业税制的变革

四、古代的农学成就

动植物的选育驯化
植物无性繁殖技术
相畜术——古代的家畜外形鉴定学
栽培管理技术
饲养管理技术
农具制作技术
水利灌溉技术
温室种植技术
粮食仓储技术
园林养护技术

五、古代农学的传播

体制性的农耕区域扩展
事件性的农业文明扩散

文化性的农耕文化传播
人际性的农业文化交流和扩散
中篇　近代农业
一、近代农业的转型
英国近代农业
法国近代农业
德国近代农业
日本近代农业
美国近代农业
加拿大、澳大利亚、新西兰的近代农业
徘徊在近代农业之外的夕阳国家
二、中国的近代农业
近代史上的世界与中国
西方农学的启蒙
晚清政府的兴农举措
晚清的新式农学遗产
民国政府的农业改革
三、美洲作物的传播
玉米
马铃薯
陆地棉和海岛棉
烟草
可可
番茄
甘薯
花生
辣椒
其他美洲作物的传播
四、近代农学体系的建立
自发性农学研究的兴起
近代农学的体制化
近代农学的体系化
下篇　现代农业
一、现代农业科技与绿色革命

20世纪的农业科技进步
第一次绿色革命
第二次绿色革命
农业现代化发展的路径选择
世界范围的农业现代化
二、20世纪成立的国际农业组织
联合国及其涉农组织
联合国大学及其农业项目
国际农业研究磋商组织
第三世界科学院
三、生物育种技术的进展
杂交育种
单倍体育种
多倍体育种
原子能辐射诱变育种
太空航天育种
细胞工程育种
转基因工程育种
四、现代农业装备的进展
设施化农业
自动化农业
工厂化农业
智能化农业
精准农业
五、农业：五条大路通未来
有主无人的农业
上天入地的农业
休闲观赏的农业
自种自食的农业
量身定制的农业
参考文献
插图引用书目